Beiträge

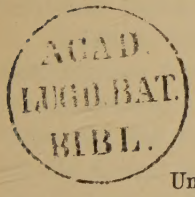
zur

Pathologie der Darmbewegungen.

Habilitationsschrift

verfasst und

einer hohen med. Fakultät der Universität Würzburg



vorgelegt von

Dr. G. Hotz,

Universitätsassistent der chir. Klinik Würzburg.

Hierzu 3 Abbildungen sowie 9 Kurven im Texte.

Jena,

Gustav Fischer.

1909.

Besonderer Abdruck
aus den
„Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie".
Zwanzigster Band. Zweites Heft.
1909.

I. Teil.

Physiologie der Darmbewegung im normalen Zustande.

Für die Erklärung des Meteorismus, d. h. der widernatürlichen Anfüllung des Darmes durch gasförmigen, flüssigen oder festen Inhalt und der verschiedenen Folgeerscheinungen, welche dann einsetzen, wenn diese Massen an der Weiterbeförderung und schließlichen Entleerung behindert werden, liefert uns die pathologische Anatomie und die klinische Beobachtung eine Menge von Anhaltspunkten.

Können wir eine der zahlreichen Arten des mechanischen Darmverschlusses feststellen, wie Verstopfung durch Körper, die dem Lumen normalerweise nicht angehören, Knickung oder Abschnürung des Rohres, Lähmung der Darmmuskulatur, so definieren wir damit ein Hindernis für die Arbeit der Peristaltik, welches eine Stauung mit den einfachsten physikalischen Begriffen erklärt. Die Nahrungsaufnahme wird verunmöglicht, die Energiequelle dem Organismus verschlossen. In dieser Form bietet das Verständnis des Ileus und seiner Folgen keine Schwierigkeiten; viel öfter führt jedoch der Darmverschluß zu schweren vitalen Gefahren, die weit eher einsetzen, als die Inanition, Schädigungen, die wir gewohnt sind zurückzuführen einmal auf Resorption von Giften, die im stagnierenden Speisebrei durch Zersetzung entstehen, dann aber auch auf rasch vermittelte Nervenreize, die, vom Darmgebiete ausgehend, die Zentren der Medulla und des Großhirns beeinflussen sollen und hier Zustände allgemeiner Prostration, Störung des Gefäßsystems bedingen, wie wir sie sonst nur als akute Folgen einer intensiven Intoxikation antreffen. Aus diesem Grunde sehen wir im Meteorismus ein gefährliches Symptom der gestörten Darmfunktion, welches gerade deshalb zur genauesten Beobachtung auffordert, weil ein zielbewußtes

Vorgehen, das sich auf sichere Diagnostik gründet, die besten Aussichten bietet.

Physiologen der neueren Zeit, Bayliss und Starling, Cannon, Magnus, Bunch und deren Schüler haben den normalen Ablauf der Darmbewegung, den Einfluß der zugehörigen Nerven und Blutgefäße so weit aufgeklärt, daß es mir nicht unmöglich erscheint, an der Hand von erfahrungsgemäß sicheren Untersuchungsmethoden einzelne klinische Erscheinungen der Darmpathologie im Tierversuch nachzuahmen und zu prüfen, welcher Faktor unter den verschiedenen Komponenten, die wir, kurz gesagt, in der Peristaltik zusammenwirken sehen, eine Schädigung erleidet. Bei graphischer Registrierung der Darmbewegungen unter dem Einflusse mechanischer Läsionen des Darmes selbst, des Mesenteriums und Peritoneums ergeben sich typische Reaktionen, deren Kenntnis die Grundlage bildet zur Beurteilung komplizierterer Erscheinungen, wie solche im Verlaufe einer Strangulation, Inkarzeration oder bei der Peritonitis auftreten.

Nothnagel gibt in seiner speziellen Pathologie und Therapie eine gründliche Darstellung der gegenüber anderen Gebieten noch rückständigen Kenntnisse vom Ablauf der Darmfunktion unter normalen und pathologischen Bedingungen. Durch eigene Versuche und unter Verwertung mustergültiger Beobachtungen über experimentell erzeugte Darmstörungen, Einklemmung, Inkarzeration, Peritonitis (Kader, Reichel) begründet er unter steter Anlehnung an das klinische Material die maßgebenden Gesetze der gesunden und gestörten Peristaltik so, wie sie noch heute unsere Anschauungen beherrschen. Mag auch die Diskussion über den Wert chirurgischer Eingriffe bei Ileus und Peritonitis erfahrungsgemäß längst entschieden sein, so fehlen diesen empirischen Errungenschaften doch vielfach die bewußten Vorstellungen über die eigentliche Natur der vorausgehenden Schädigung. Intoxikation und Reflexwirkung, lokale und Allgemeinschädigung spielen bei der Erklärung jedes Einzelfalles bunt durcheinander, und demgemäß treffen wir auch in der Therapie neben der kardinalen chirurgischen Forderung eine Fülle anderer therapeutischer Vorschläge, deren Wert auch vom Erfahrenen skeptisch beurteilt werden muß.

I. Die Bewegung des normalen Dünndarmes.

Nothnagel unterscheidet am Darm eine peristaltische Bewegung, bei welcher eine Verengerung und Erweiterung des Lumens stattfindet, die mit mäßiger Schnelligkeit eine gewisse Strecke analwärts fortschreitet und den Inhalt in derselben Richtung vorwärtsschiebt, dann Pendelbewegungen, wobei ein und dasselbe Darmstück meist auf eine Länge einiger Zentimeter hin abwechselnd in der einen oder anderen Richtung der Längsachse ohne merkbare Lumenveränderung verzogen wird. Ein eigentliches Vorwärtsschieben des Inhaltes findet

dabei nicht statt, nur eine Bewegung desselben in dem bestimmten Darmabschnitte. Rollbewegungen verlaufen unter dem Bilde einer stürmischen Peristaltik in lebhafter Eile, so daß die prallgefüllte Darmpartie wie ein rasch sich drehendes Rad hinrollt. Der Inhalt wird gegen das Coecum vorgetrieben in der Weise, daß die zirkuläre Konstriktion immer hinter der erschlafften ausgedehnten Schlinge herläuft. Die Bewegung kommt ohne ersichtlichen Grund plötzlich zum Stehen, um nach einer beliebigen Pause weiterzustürmen. Diese Erscheinung sieht er im Experimente dann, wenn neben dünnem Inhalte der Darm durch Gasblasen stark gedehnt wird. Hervorzuheben ist die Ansicht Nothnagels, daß unter physiologischen Bedingungen alle Bewegungen des Darmes nur durch den Reiz der in ihm befindlichen Inhaltsmassen, Chymus, Gase, Faeces, hervorgerufen werden; an gänzlich leeren Schlingen hat er nie irgendeine Art von Kontraktionen beobachten können.

Den eigenen Versuchen soll eine kurze Darstellung der anatomischen Verhältnisse, eine Uebersicht der physiologischen Kenntnisse und der angewandten Untersuchungsmethoden vorangestellt sein.

1. Anatomie.

Die Darmbewegungen werden vermittelt durch 2 Muskelbänder, die äußere subseröse Längsmuskulatur und den inneren Ringmuskel. Zwischen beide Schichten ist der Auerbachsche Nervenplexus eingelagert, ein dichtes Netz von Ganglienzellen mit zahlreichen Nervenfasern. „Von ihm empfangen die glatten Muskelzellen ihre motorischen Fasern; diese verlaufen aber nicht direkt vom Plexus zum Muskel, sondern es ist in ihre Bahn ein zweites feineres Netzwerk eingeschaltet, welches zwischen den Muskelzellen selbst eingebettet liegt und von dem aus erst die letzten motorischen Bahnen zu den Muskelzellen gelangen“ (Magnus). Beide, Ring- und Längsmuskulatur, empfangen von hier aus die nervöse Leitung, doch besteht anatomisch eine innigere Verbindung zwischen Plexus und dem Längsmuskel so, daß einzelne Ganglienzellen zwischen die tiefe Lage der Muskelzellen eingestreut liegen und das ganze Maschenwerk hier fixieren. Dadurch gelingt es, wenigstens bei der Katze, den Längsmuskel im Zusammenhang mit dem Plexus von der Ringmuskulatur abzuheben und getrennt auf ihre Leistung zu prüfen (Magnus). Der Meissnersche Plexus liegt unter der Muscularis der Schleimhaut. Diese dritte Muskellage reagiert stets nur lokal, wir sehen, daß sich die Mucosa beim Andrängen eines spitzen Körpers dellenförmig einzieht und anämisch wird (Exner). Im Meissnerschen Plexus verlaufen auch die Nervenzweige zu den Darmdrüsen, doch erscheint dieses ganze System für die Darmbewegungen von untergeordneter Bedeutung. Zahlreiche feine Nervenverbindungen treten allerdings von dem einen zum anderen Plexus

über, doch ist über deren Funktion nichts Genaueres bekannt. Wir dürfen wohl vermuten, daß in diesen Bahnen unter anderem die Bewegungsimpulse geleitet werden, die vom Darmlumen aus die Peristaltik anregen.

Mit der peripheren Darmschlinge steht durch Vermittelung des Plexus solaris, der Ganglia coeliaca und mesenterica in Verbindung das Zentralnervensystem durch den Vagus und Sympathicus. Berücksichtigen wir zunächst nur die vom Zentralnervensystem zur Darmschlinge führenden zentrifugalen Bahnen.

Der Vagus enthält markhaltige Fasern, tritt zu beiden Seiten des Oesophagus mit diesem durch die Zwerchfellöffnung. Wir finden die beiden Stämme als Ramus ant. et post. dicht unterhalb des Foramen oesophageum zwischen Serosa und Muskulatur. Bald ist die Anordnung in vorderen und hinteren Aste deutlich, bald unterscheiden wir besser einen linken und rechten Hauptast, welche untereinander durch mehrere Zweige in Verbindung treten, ehe sie sich in netzförmiger Anordnung über die vordere und hintere Magenwand verteilen. Der linke Vagus soll sich in zahlreichen Magenästen bis zur Leber erstrecken, der rechte bildet ein Geflecht an der dorsalen Magenfläche und gibt Aeste zum Pankreas. Vom hinteren Plexus gastricus führen dann die Zweige zum Ganglion coeliacum und mesentericum, erfahren hier eine einmalige Unterbrechung in den Ganglienzellen (prä- und postganglionäre Faser) und verfolgen dann ihren Weg längs der Mesenterialgefäße an die Peripherie der Darmschlinge.

Der Sympathicus empfängt seine Nervenfasern aus dem unteren Brust- und Lendenteile des Rückenmarkes; sie treten durch den Grenzstrang hindurch zu Ganglienmassen, welche vor der Wirbelsäule an der Aorta gelegen sind (Magnus). Von hier aus werden sie weitergeleitet auf der Bahn der Splanchnici, zwei grauen Nervensträngen, welche jederseits von der Höhe der 11. Rippe abgehen und das Zwerchfell am äußeren Rande des inneren Pfeilers durchsetzen zum Plexus solaris. Auf diesem Wege erleiden die Fasern eine einmalige Unterbrechung, größtenteils in den prävertebralen Ganglien, und gelangen durch das Mesenterium zur Darmschlinge. Für die unteren Darmabschnitte, Colon und Rectum kommen Verbindungen in Betracht, die vom Sakralmark durch die Beckennerven sich im Plexus hypogastricus verteilen und durch die Nn. hypogastrici mit dem Ganglion mesent. inf. in Beziehung stehen.

2. Funktion des Darmnervensystems.

Die Frage nach der Bedeutung dieser zahlreichen Nervenbahnen hat eine ebenso häufige Bearbeitung als widersprechende Erklärung gefunden, so sehr, daß es zurzeit noch fast unmöglich erscheint, eine feste Anschauung zu präzisieren. Der Grund dafür, daß trotz exakter

Versuche die Resultate so sehr divergieren, liegt einmal darin, daß die Darmschlinge, frei von jeglicher Nervenverbindung, noch imstande ist, spontane und rhythmische Bewegungen auszuführen, ferner ist zu berücksichtigen, daß in den zuführenden Nerven neben der speziellen motorischen Valenz die Fasern verlaufen, welche den peripheren Gefäßtonus beeinflussen, und wir wissen seit SALVIOLI, daß die Durchblutung ein wesentlicher Faktor ist sowohl für die motorische Tätigkeit wie für Resorption und Sekretion. Ziehen wir weiter in Betracht, daß von peripheren sensiblen Nerven aus, wie wir später genauer verfolgen können, auf reflektorischem Wege erregende und hemmende Impulse zum Darme gelangen, ebensogut wie von benachbarten Schlingen, z. B. infolge einer ganz zufälligen mechanischen Verschiebung des Speisebreies in dem untersuchten Darmstück, so müssen wir einsehen, daß die Versuche, einen der zugehörigen Nerven isoliert auszuschalten oder zu erregen, nicht leicht ohne unbeabsichtigte oder zufällige Nebenwirkungen ablaufen und eben deshalb in ihrer Eindeutigkeit viel zu wünschen übrig lassen.

Der Vagus gilt allgemein als der motorische Nerv für den Magendarmkanal, sagen wir besser für die Bahn, auf welcher erregende Impulse zugeführt werden. Für den ungestörten Ablauf der Peristaltik ist er keineswegs notwendig. Ich konnte in mehreren Experimenten Kaninchen über Monate gesund erhalten, bei denen ich die beiden Vagusäste dicht am Zwerchfell reseziert hatte. Irgendwelche Störung in der Verdauung oder eine Gewichtsverminderung war nicht nachzuweisen, auch ergab die spätere Sektion den Beweis für richtige Ausführung des Eingriffes. STARLING zitiert Beobachtungen von BUDGE, LUDWIG, ENGELMANN als Vertreter der motorischen Funktion. Bei Durchtrennung der Vagi unter dem Diaphragma sieht man bei Kaninchen eine kurze, kräftige Kontraktion, welche von der kleinen Kurvatur des Magens ausgeht. Am Darme konnte ich eine direkt auf die Operation folgende Veränderung nicht feststellen. Nach GOTTSTEIN findet sich nach Durchschneidung der zur Cardia gehenden Vagusfasern in den ersten Stunden weder eine Kontraktion noch eine Dilatation; die Cardia verharrt dauernd im Ruhezustande.

Bei Vagusreizung beobachtete MAYER Bewegungen des Dünn- und Dickdarmes, BUNCH bei gehäufter Reizung einen motorischen Effekt. JAKOBY sah nach Reizung der Halsvagi deutliche Darmbewegungen am Hungertier, nachdem er die Verbindungen der Splanchnici ausgeschaltet hatte. Er glaubt, der linke Vagus wirke vornehmlich auf den Magen, der rechte auf den Darm. BAYLISS und STARLING versuchten die Reizung des peripheren Vagus am Halse. Infolge der Anämie der Eingeweide, welche durch Herzhemmung bewirkt ist, erzielten sie den Effekt, daß die Darmbewegungen eine Zeitlang vermindert oder gehemmt werden. Durch Lähmung der Herzhemmungs-

fasern mit Atropin läßt sich diese Nebenerscheinung ausschalten. Auf erstmalige Reizung des peripheren Stumpfes erfolgt für die Darmbewegung zunächst kein Ausschlag, doch tritt nach mehrmaliger Reizung eine deutliche Wirkung auf, welche sich mit jeder Wiederholung steigert. Diese besteht in einer vorausgehenden Hemmung von 10 Sekunden bis 2 Minuten Dauer; daran schließt sich nach kurzer Pause eine Verstärkung des Tonus und der Pendelbewegungen. Eine peristaltische Welle tritt hierbei im Dünndarme nicht auf, dagegen im Anfangsteile des Duodenums. Diese Reizwirkung zeigt sich deutlich bei einer doppelt abgebundenen Schlinge, ein Beweis dafür, daß die Vagusfasern im Mesenterium herantreten und die Bewegung nicht bloß durch Fortpflanzung dieser Welle vom Magen aus weitergeleitet wird. Diese Angabe wird gestützt durch May, welcher eine kurze initiale Hemmung, gefolgt von kräftiger Peristaltik (?) und vermehrtem Tonus, konstatierte. Edmunds erklärt diese Erscheinung durch die Annahme von zweierlei Fasern im Vagus selbst; die einen faßt er als Hemmungsfasern auf und schreibt ihnen eine kurze Latenzperiode zu, die anderen bewirken die Erregung und lassen erst nach längerer Latenz ihren Effekt erkennen.

Von chirurgischer Seite liegt bis jetzt kein Material vor, welches auf Störung der Magendarmfunktion nach Vagusverletzung oder Reizung hinweist. Reich hat in seiner umfassenden Zusammenstellung vergeblich nach diesbezüglichen Beobachtungen gesucht. Gottstein fand bei seinen Hunden nach doppelseitiger Vagotomie oberhalb des Zwerchfells eine starke Bulimie, er glaubt, daß die Freßgier auf der Herabsetzung der resorptiven Tätigkeit des Darmkanales beruhe, die Hunde mußten weit mehr fressen, um im Stoffwechselgleichgewicht zu bleiben. Hierfür sprechen die großen Mengen Faeces, die weit mehr unverdaute Nahrung enthalten, als bei normalem Hunde, sowie die häufigen, heftigen Diarrhöen. Bei Ausschaltung der Vaguswirkung seien die Magenbewegungen seltener und schwach, die Passage durch den Dünndarm verlangsamt. Diese anfängliche Hemmung ist jedoch nicht als dauernd anzusehen. Später zeigt sich eine Erholung und Verstärkung der motorischen Tätigkeit des Verdauungskanales. Nach Cannon bedeutet das Eingreifen des Vagus bei erhaltenen Splanchnicis einen motorischen Impuls, der die Aktivität aufrecht erhalte.

Der Splanchnicus gilt seit Pflüger als Hemmungsnerv für Darmbewegung. Beim lebenden Tiere wird durch Reizung des Rückenmarkes sowie des Splanchnicus eine vorhandene Darmbewegung unter Erschlaffnung der Muskulatur zunächst zum Stehen gebracht, um dann nach kürzerer Zeit, meist mit größerer Heftigkeit als vorher, wiederaufzutreten. Man vermutete deshalb auch, ähnlich wie beim Vagus, eine doppelte Erregung von verschiedener Latenz. Neben motorischen sollte der Splanchnicus auch hemmende Fasern enthalten, diese

letzteren sollen schneller ermüden und absterben, als die bewegungsfördernden. Jacoby fand nach Durchschneidung der Splanchnici beim Hungertiere ebensowenig spontane Bewegung, wie beim erhaltenen Nerven, er glaubt deshalb, daß das Fehlen spontaner Bewegungen nur eine Folge der Abwesenheit der den Darm direkt treffenden Reize, nicht eine Hemmungswirkung sei. Nach Ehrmann sind die Splanchnici Bewegungsnerven für die longitudinale, und Hemmungsnerven für die zirkuläre Muskulatur; gerade das Gegenteil behauptet Courtade und Guyon. Bayliss und Starling fanden bei ihren Versuchen beständige Hemmungseinflüsse reflektorischer Natur, welche in den Splanchnicusbahnen verlaufen und die Darmbewegung stören. Hier treffen wir präzisere Angaben. Reizt man das periphere Ende eines Splanchnicus unter dem Diaphragma, so steht der Darm sofort still, wird der Reiz fortgesetzt, so schwächt sich die Wirkung ab bei jedem neuen Versuche.

Der Splanchnicus ist also nur Hemmungsnerv für den Darm, und es genügt, daß nur einer der Stämme erhalten ist, um durch Reizung des zentralen Endes eines sensiblen Nerven, oder des zentralen Endes eines anderen, durchschnittenen Splanchnicus die Hemmung zu erzeugen. Am leichtesten gelingt dieser Effekt durch Reizung des Darmes selbst: leichtes Drücken einer Schlinge genügt, um den ganzen Darm stillzustellen (?). Wenn aber beide Splanchnici durchtrennt sind und der Darm wird gereizt, so beschränkt sich die Hemmung auf die Partien anal von dem gereizten Punkte. Bei intakten Splanchnicis ist die Hemmung ebenso ausgesprochen in einer Schlinge, welche durch Ligatur oder Durchtrennung von den übrigen abgesondert wurde, wie unter normalen Bedingungen. Also wird auch die Hemmung nicht längs des Darmkanales fortgeleitet, sondern durch Vermittelung der Mesenterialnerven. Beide Splanchnici sind in dieser Wirkung gleichwertig. Wir werden auf diese Punkte in den eigenen Versuchen nochmals zurückkommen.

Diese Darstellung, welche im allgemeinen trotz nicht geringer Widersprüche erkennen läßt, daß auf der Bahn des Vagus Bewegungsimpulse an den Darm herantreten, während der Splanchnicus eine mehrfach festgestellte Hemmung ausübt, muß insofern ergänzt werden, als wir nicht ohne weiteres annehmen dürfen, die Erregung pflanze sich von den langen Bahnen aus durch die großen Bauchganglien, die Mesenterialnerven und den Auerbachschen Plexus direkt zu den glatten Muskelfasern fort. Es besteht der Einwand zu Recht, daß die Summe dieser Nervenreizung oder Ausschaltung nur eine indirekte Wirkung, die Folge einer veränderten Blutzirkulation im Darmsystem darstellt.

Nach Starling hebt die Anämie beim Hunde alle Bewegungen absolut auf. In dem erregbaren Darme des Kaninchens besteht die Wirkung der Anämie darin, daß, wenn derselbe von allen nervösen

Verbindungen getrennt ist, die Amplitude der rhythmischen Kontraktionen etwas vermindert wird. Wenn jedoch die normalen nervösen Verbindungen des Darmes unversehrt sind, besteht die erste Wirkung der Anämie darin, die zentralen und lokalen Hemmungsmechanismen zu lähmen, so daß die Darmmuskulatur tätiger als vorher wird. Diesem Faktor ist vermutlich die Reizwirkung der Asphyxie auf den Darm des Kaninchens zuzuschreiben. Genaue Angaben, wie sich die Darmbewegungen z. B. bei allgemeiner Anämie oder bei lokaler Hyperämie verhalten, sind den bisherigen Beobachtungen nicht zu entnehmen. Bokai und v. Braam Houckgeest schreiben ihr die Wirkung zu, den Darm in Bewegung zu setzen. Bayliss findet bei Vagusreizung am Halse infolge der Herzhemmung Anämie der Eingeweide und bringt den gleichzeitigen Ausfall der Darmbewegungen damit in Zusammenhang. Nach Edmunds erzielt man durch Reizung des Vagus keine Vasokonstriktion, welche etwa als Ursache der initialen Hemmung aufgefaßt werden könnte, noch sieht man eine sekundäre Dilatation, welche als Ursache der typischen Bewegungssteigerung anzusehen ist.

Auch Starling sieht bei seiner Vagusreizung keinen Effekt, weder in den Gefäßen des Dünndarmes, noch im allgemeinen Druck.

Bunch behandelt die Vasomotoren des Dünndarmes. Unter Anwendung eines eigens für die Darmschlinge konstruierten Plethysmographen fand er eine Gefäßverengerung bei Anämie, Asphyxie, Aortenkompression oder Abschnürung der Mesenterialgefäße. Eine Reizung des peripheren Splanchnicus führt zu Verengerung der Mesenterialgefäße, gefolgt von mehr oder weniger deutlicher Dilatation. Bei Reizung des peripheren Vagus sowohl am Halse, nach Ausschaltung der Herzhemmung durch Atropin, als nach intraabdomineller Exstirpation, beobachtete er Vasodilatation mit allgemeiner und lokaler Drucksenkung im Darmgebiet.

Bayliss fand zugleich mit der Splanchnicushemmung einen erhöhten Blutdruck infolge Konstriktion der Mesenterialgefäße. Die Bewegungskurve des Darmes wird gleich derjenigen, die bei Aortenkompression zu verzeichnen ist, so daß auf verschiedenem Wege die gleiche Wirkung hervorgebracht zu werden scheint; die Splanchnicushemmung stellt mehr einen indirekten Effekt dar und beruht auf einer Gefäßverengerung mit lokaler Ischämie im Darme. Die gleiche Wirkung sieht er auch bei Reizung der Nervenfasern, welche die Arteriae mesentericae begleiten. Zu dieser Angabe stimmt die Beobachtung von Ludwig und Cyon, welche nachwiesen, daß nach der Durchschneidung des Splanchnicus der Blutdruck sehr bedeutend absinkt, um auf Reizung des peripheren Nerven wieder anzusteigen.

Starling sieht nach Splanchnicusreizung dieselbe Steigerung des Blutdruckes, sowohl lokal wie allgemein, hält aber die Weite der Darmschlinge für unabhängig vom Gefäßtonus.

Jakoby glaubt, die Hyperämie nach Splanchnicusdurchtrennung erhöhe die Disposition zu Bewegungen und schreibt dieser Zirkulationsänderung bei Vagusreizung auch eine Wirkung zu. Ebenso wird die bei Erstickung sich anhäufende CO_2 als ein Reiz angesprochen.

Er gibt an, im Splanchnicus getrennte Fasern von verschiedener Wirkung nachgewiesen zu haben. Bei Reizung der Nerven, die von der Nebenniere zum Ganglion coeliacum ziehen, findet er die typische Splanchnicushemmung, jedoch ohne Veränderung in der Zirkulation; diese tritt erst ein, wenn die Splanchnicusstämme durchtrennt werden. Anderseits ließ eine Exstirpation der Nebennieren mit diesen Hemmungsfasern allein die nachherige Vagusreizung deutlich hervortreten, ohne daß eine Gefäßbeeinflussung sichtbar wurde. Nach eigenen Erfahrungen sind diese Schlüsse vorsichtig zu beurteilen, da eine Eventration des Darmes, die zur Beobachtung von Darmbewegungen stets eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, immer von einer lebhaften arteriellen und venösen Hyperämie begleitet ist, mögen nun die Nervenverbindungen intakt sein, oder partiell und gänzlich durchtrennt werden, die Hyperämie ist eine gleichmäßige, sowohl nach Vagus- oder Splanchnicusoperationen, wie beim Darme, der ohne weiteren Eingriff längere Zeit der Luft ausgesetzt ist.

Unsere Literaturübersicht führt zu dem allerdings nicht ganz einwandfreien Resultate, daß die Reizung des Vagus nach Ausschaltung der Herzwirkung oder unterhalb des Abganges der Rami cardiaci eine vermehrte Bewegung hervorruft, welche nicht auf eine Alteration im Gefäßtonus zurückzuführen ist; die Durchtrennung führt jedoch nicht zu einer sichergestellten Hemmung. Im Splanchnicus verlaufen die Hemmungsbahnen. Seine künstliche Reizung stellt die Darmbewegungen still, seine Durchtrennung hat jedoch nicht die Bedeutung einer gleichzeitig gesteigerten Motilität. Mit der Hemmungswirkung geht gleichzeitig einher die Gefäßverengerung, welche von einzelnen Forschern als die eigentliche Ursache der Störung angesehen wird, andererseits soll die Hyperämie, welche sich nach Splanchnicusdurchschneidung im Darmgebiet einstellt der Darmbewegung förderlich sein. Neben diesen Funktionen, die wir unter der Summe der zentrifugalen Leitung zusammenfassen wollen, soll zunächst nur hingewiesen werden auf eine Reihe von Impulsen, die im Darmsystem ihren Ausgang nehmen und auf derselben Bahn zum Zentralnervensystem zurückgeleitet werden, Gefühle, namentlich Schmerzempfindung und vasomotorische Einflüsse.

3. Funktion der Bauchganglien.

Angesichts dieser Schwierigkeiten, die sich bereits ergeben beim Versuch, die Rolle der noch getrennten Nervenverbindungen, des isolierten Vagus und Splanchnicus festzustellen, überrascht es nicht, daß alle Experimente, die eine Exstirpation des in den großen Bauchganglien

vereinigten Darmnervensystems beabsichtigten, bisher nicht zu brauchbaren Resultaten geführt haben. Einmal erscheint es schwierig, alle gesuchten Nervenverbindungen wirklich auszurotten. Friedenthal glaubt, dies könne nicht geschehen allein durch Entfernung der Ganglia coeliaca und mesenterica. Er fordert deshalb die Sektion der Vagi oberhalb der Cardia, kombiniert mit Resektion der Splanchnici und Zerstörung des Rückenmarks vom 5. Brustwirbel abwärts. Ein Eingriff, den ein Tier 14 Tage lang überlebt hat.

Die alte Vorstellung vom „Bauchhirn" mag dazu Veranlassung geben, in diesen Ganglienmassen eine nervöse Zentralstation erkennen zu wollen, die von der Peripherie aus Reflexe direkt vermittelt oder nach dem Rückenmark und Gehirn fortleitet, und von hier aus zentrifugale Impulse empfängt. Im besonderen galt diese Ansicht für die selbsttätige Regulierung des Blutgefäßtonus im Darm. In anatomischer Hinsicht läßt sich dieses Schema nicht durchführen. Nach Langley wissen wir, daß die sympathischen Fasern auf ihrem Wege zum Darm eine einmalige Unterbrechung erfahren, sie enden in einem sympathischen Ganglion, von welchem eine zweite Faser zum Endorgan hinzieht. Nun liegt diese Zwischenstation wohl für den größten Teil der Fasern in den großen Bauchganglien, kleinere Gruppen liegen aber mehr peripher im Mesenterium oder am Darm. Für andere besteht die Unterbrechung mehr zentral im Grenzstrang oder in kleinen, dem Splanchnicus angelagerten Knoten. Aus diesem Grunde ist es unmöglich, künstlich eine genaue Trennung in prä- und postganglionäre Fasern durchzuführen. Langley spricht den großen sympatischen Ganglien (coeliacum, mesentericum), sowohl Automatie als auch die Befähigung zu echten Reflexen ab; auch tonische Aktion kann er denselben nur in beschränktem Maße zugestehen. Nach Degeneration der großen Mehrzahl der sympathischen postganglionären Fasern zeigt der Darm alle Reaktionen, welche normalerweise von ihm erhalten werden.

Popielski fand nach Exstirpation der Ganglia coeliaca mesent. sup. et inf. bei allen Versuchshunden reichliche, mit Blut vermischte Durchfälle, Hyperämie, Ekchymosen und Ulzerationen in Magen und Dünndarm, Erscheinungen, die allerdings, wenn sie überlebt wurden, wieder zurückgingen. „Der Eingriff zerstört selbständige Vasomotorenzentren und führt deshalb zu den erwähnten Schädigungen. Bei einer bloßen Sektion der Splanchnici übernehmen die Ganglien die selbsttätige Regulierung. Er hält sie für eine Relaisstation für alle von Bauchorganen ausgehenden Reize, deren Retentionsfähigkeit bei Entzündung leicht durchbrochen wird, so daß die Reize in diesem Falle bis zum Gehirn gelangen." Strehl fand dieselben Störungen der Darmfunktion, jedoch keine anatomischen Veränderungen der Darmwand, keine Blutungen. „Eine geordnete, nur analwärts wirkende Peristaltik wird auch ohne Verbindung mit dem Zentralnervensystem durch die Darm-

wandganglien garantiert. Bei der Beurteilung, wie man sich so geringe Störungen nach Exstirpation des Plexus coeliacus erklären kann, der ja nicht nur der Kreuzungspunkt aller den Dünndarm und mehrere Drüsen versorgender Nerven ist, sondern auch die Ursprungsstelle vieler Nervenfasern bildet, muß man zugeben, daß alle diese Nerven keine für das Leben unumgänglich notwendige Rolle spielen und daß die Eingeweide selbständig genug organisiert sind, um die erforderlichen vegetativen Verrichtungen automatisch auszuführen. Doch unterscheidet sich nach der Exstirpation die Peristaltik von der motorischen Darmfunktion im normalen Zustande durch ihre Lebhaftigkeit und durch ihre zum Gedeihen des Körpers unzweckmäßige Stärke. Die beschleunigte Darmpassage ist eine Folge des Ausfalles, der die Darmtätigkeit durch Vagus- oder Sympathicusfasern regulierenden zentralen Zentren. Die normalerweise vorhandenen Hemmungen fehlen. Jeder, auch der geringste Reiz ruft Kontraktion hervor und führt zu schneller Passage des Dünndarmes.

Buerger und Churchmann bestätigen diese Resultate im allgemeinen, glauben aber nicht, daß die Entfernung der Ganglien dauernde physiologische Störungen im Gefolge habe. Die beobachteten Veränderungen sind zu verschiedener Natur, um zu irgendwelchen allgemeinen Schlußfolgerungen hinsichtlich der Physiologie der Ganglien zu ermächtigen.

Eine Uebersicht der in unserer Darstellung zusammengefaßten Resultate einer partiellen oder vollständigen Ausschaltung des Darmes von seinen Verbindungen mit dem Zentralnervensystem führt zu der Ueberzeugung, daß bei solchen Versuchen zu wenig Wert auf die Lebenserscheinungen der gänzlich isolierten Darmschlinge gelegt wurde. Man hat, anders gesprochen, in die aufgestellten Gleichungen zu viele unbekannte Größen eingesetzt und deshalb verschiedene Ergebnisse erhalten. Daß der Darm auf zahlreiche lokale Einflüsse eine starke Reaktion zeigt und auch nach völliger Trennung vom Organismus seine Lebenserscheinungen noch während längerer Zeit erkennen läßt, ist allerdings sehr wohlbekannt. Die Grundgesetze dieser spontanen Vitalität sind jedoch erst durch physiologische Arbeiten der letzten Jahre festgelegt worden. Sie führten bald zu einer fruchtbringenden Anwendung auf pharmakologisch-experimentellem Gebiet zur Prüfung zahlreicher Arzneimittel auf ihren Einfluß auf die Darmbewegungen. Die Pathologie, speziell die chirurgische Disziplin, hat aus den gewonnenen Erfahrungen bisher wenig Nutzen gezogen. Wie selten finden wir eine Berücksichtigung dieser Tatsachen in der chirurgischen Fachliteratur, wie sie Wilms in seiner Bearbeitung des Ileus verwertet. So verstehen wir die Berechtigung seines Urteils, „daß unsere Kenntnis in allen diesen Fragen noch eine unfertige ist und daß wir hier der Aufklärung bedürfen über die Beziehungen des Bauchnervensystems

zum Darm, um Vorgänge zu erklären, die bei den verschiedenen Formen des Ileus auftreten".

4. Die Methodik zum Studium der Darmtätigkeit weist uns verschiedene Wege, die eine Kenntnis der Bewegungen, der Resorption und Sekretion gefördert haben. Uns interessiert speziell die Frage der Motilität, zunächst der gesunden Darmschlinge. Beim Menschen können wir den Mechanismus der normalen Darmbewegung einer direkten Besichtigung nicht zugänglich machen. Derartige Versuche finden an der großen Vulnerabilität des Organs rasch ihre Grenze. Nach Laparotomien verharrt der Darm stets in Ruhe, es gelingt höchstens in einer kurzen Schlinge durch mechanischen, chemischen oder elektrischen Reiz eine mehr oder weniger träg ablaufende lokalisierte oder über den nächsten Teil fortschreitende Welle zu erzeugen, welche jedoch mit der physiologischen Leistung nichts gemein hat. Besser bekannt sind die Erscheinungen der vermehrten Peristaltik unter intakten Bauchdecken in den Fällen von Ileus, wo die stark gefüllten, gegen einen Widerstand lebhaft arbeitenden Schlingen sich nicht mehr dem gegebenen Raum in der Bauchhöhle anschmiegen und infolge einer abnormen Starrheit zu Reliefbildungen unter dünnen Bauchdecken Veranlassung geben. Wir vermögen dann einzelne bestimmte Schlingen deutlich zu erkennen (Wahl, Schlange, Nothnagel); andere, dazwischen liegende Glieder entziehen sich jedoch der Beobachtung, so daß wir nur in den seltensten Fällen in der Lage sind, die Bewegungsrichtung über eine längere Strecke mit Sicherheit zu verfolgen. Die Gelegenheit, nicht gesteigerte Bewegungen zu sehen, ergibt sich etwa bei Frauen mit breiter Rectusdiastase, bei Leuten mit großen flachen Bauchnarben oder Narbenhernien, wo es oft möglich ist, auch am nicht gesteiften Darm ein rhythmisches rasches wurmförmiges Gleiten oder Schwingen der vorliegenden Schlingen festzustellen, in der Regel, ohne daß Geräusche von durchfließendem Speisebrei gehört werden, eine Erscheinung die wir als Peristaltik und Pendelbewegung ansehen dürfen, die sich auch durch einen Schreibhebel aufzeichnen läßt; dabei kommen leider auch die unvermeidlichen Bewegungen der Atemexkursion zur Darstellung, so daß das Bild zu sehr entstellt wird. An freien, vorgelagerten oder prolabierten Dünndarmschlingen finden wir nicht mehr als die lokale Reaktion auf künstliche Reize; dagegen ist es nichts Ungewöhnliches, daß nach ausgedehnten Rectumamputationen das unten vorgezogene und heraushängende Colon sigmoideum spontane peristaltische Bewegungen zeigt, sobald die Gefäßernährung des Stumpfes erhalten bleibt, und der Kranke sich von der Operation erholt hat. Frisch resezierte menschliche Darmschlingen sind, wie ich mich öfters überzeugen mußte, nicht befähigt, irgendwelche Bewegungen auszu-

führen. Es scheint, daß die übliche Methode der Darmresektion trotz möglichst rascher Ausführung die Lebensfähigkeit des menschlichen Organs vernichtet. Aus diesen Gründen sind wir gezwungen, das Tierexperiment heranzuziehen. Handelt es sich um bloße Ermittelung der Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper durch den Darm getrieben wird, so geben uns Beobachtungen an Kranken mit einer Darmfistel sichere Resultate, wir sehen dann den durch Färbung oder Beimischung leicht kenntlicher Bestandteile gezeichneten Speisebrei nach einer gewissen Zeit durch die widernatürliche Oeffnung austreten. Wenn wir die Lage der Fistel, z. B. vor der Ileocöcalklappe kennen, sind wir über die zur Passage eines bestimmten Darmabschnittes erforderliche Zeit richtig orientiert, ähnlich sind die Versuche, mit der Vellafistel. Ein Darmstück wird ausgeschaltet, beide Oeffnungen in die innere Bauchwand eingenäht, während durch intraperitoneale Anastomose eine neue Kontinuität des Intestinaltraktus hergestellt wird. In der abgelösten Schlinge läßt sich das Durchströmen von Flüssigkeiten oder die Weiterbeförderung eines eingeführten festen Körpers genau abschätzen, zugleich können wir den Einfluß normaler Sekrete oder darmfremder Stoffe in ihrer Wirkung auf den Ablauf der Peristaltik prüfen. So hat kürzlich Schuepbach den Einfluß der Galle auf die Bewegungen des Dünndarms studiert; doch weist er darauf hin, daß das Einfließenlassen irgendeiner Versuchslösung, ebenso ein eingeführter fester Körper infolge der mechanischen Reizung zu abnormer Erregung Anlaß geben kann ebenso sehr, wie eine psychische Alteration des Tieres leicht täuschende Resultate herbeiführt. Dieses Verfahren eignet sich wohl besser zu Experimenten über andere Funktionen als zur Feststellung der Motilität; zumal alle Bewegungen, welche nicht direkt zur Propulsion des Inhalts beitragen, also gerade die häufigen Pendelbewegungen, unberücksichtigt bleiben.

Einen besonderen Wert hat sich die Röntgenuntersuchung des mit undurchsichtigem Materiale gefüllten Magendarmkanales erworben (Holzknecht, Grützner). Cannon hat eingewöhnte Katzen, welchen er 33-proz. wismuthaltige Nahrung verfütterte, durchleuchtet. Er fand im Dünndarm die Erscheinung der Pendelbewegung, die sich in einer rhythmischen Zerteilung und Wiedervereinigung des Speisebreies äußerte. Die peristaltische Bewegung zeigte sich deutlich in einem Weiterschieben zusammenhängender Massen. Unter günstigen Umständen konnte er auch einzelne Phasen der Bewegung auf die Platte fixieren, indem er die durch die Respiration bewirkten Verschiebungen durch Unterbrechung des elektrischen Stromes ausschaltete. Bei der Schnelligkeit im Ablauf peristaltischer Bewegungen, beim vielfachen Lagewechsel der Schlinge — man bekommt sehr leicht von einem gefüllten Abschnitt 4—5 Plattenschatten — erschien es mir jedoch schwierig, einmal die Darmschlinge

in ihrer Kontinuität festzuhalten und an einem bestimmten Stück die Bewegung über längere Zeit zu verfolgen. Im Dünndarm schlüpfen häufig Gasblasen zwischen dem Speisebrei durch, die Schlinge kontrahiert sich draht- oder bandförmig, so daß die Schattenzeichnung des fixierten Darmabschnittes verschwindet und an ihrer Stelle Nachbarschlingen sich vordrängen. Bessere Resultate liefert die Röntgenmethode zur Beobachtung des Magens, Colons und Rectums, weil proximal und terminal der eingeführte Wismutbrei stärker zusammengehalten wird. Ruhende gefüllte Schlingen sind im Dünndarm leicht kenntlich, die Bewegung aber erscheint in diesem Abschnitte undeutlich. Für das Colon erwies sich das Verfahren, welches so wenig Läsionen involviert, als sehr zweckmäßig. So gelang es Cannon, im aufsteigenden und queren Schenkel als häufigste Bewegung die Antiperistaltik nachzuweisen. Er zeigte, daß der Inhalt in rhythmischen Wellen gegen die Klappe zurückbefördert wird; erst wenn die Resorption einen bestimmten Grad erreicht hat und vom Ileum aus neue Massen vorgeschoben werden, treten peristaltische Kontraktionen auf, welche das alte Depot weiter analwärts verschieben. Diese Tatsache ist von großer praktischer Wichtigkeit für die Wertschätzung der Nährklysmen. Während unter normalen Verhältnissen die Bauhinische Klappe gegen den rückläufigen Strom abschließt, sah Cannon bei Katzen, denen er große Nährklystiere beibrachte, wie sich der Sphincter ileocolicus öffnete und unter dem Drucke der Antiperistaltik im Colon ascendens die wismuthaltige Flüssigkeit in den Dünndarm übertreten ließ. Die Gegenbewegung ist hier allerdings keine aktive, wohl aber reagiert die Schlinge mit typischen Pendelbewegungen, die auf eine tatsächliche Verarbeitung der Ingesta hinweisen. Diese Versuche vervollständigen die bekannten Angaben Grützners, welcher das per rectum eingeführte Lycopodium im Mageninhalte aufgefunden hat. Genau dieselbe Beobachtung hat übrigens schon früher Jakoby mitgeteilt. Antiperistaltische Wellen von wechselnder Breite und Tiefe verlaufen gegen die Valvula, und wenn das untere Eude des Ileum zufällig gefüllt war, gelegentlich auch an diesem noch ein Stück aufwärts. Bei Versuchen mit Colchicum sieht er, wenn Massen von mehr flüssiger Konsistenz abwärts getrieben werden, wie der Dickdarm gegen das Andrängen derselben zunächst mit vermehrter Antiperistaltik arbeitet, bis seine Muskulatur endlich ermüdet, so daß der Inhalt, ohne Widerstand zu finden, weit nach abwärts vordringend, das Rectum erfüllte. Diese Uebereinstimmung von Beobachtungen unter verschiedenen Versuchsbedingungen, Jakoby untersuchte Tiere, die mit geöffneter Bauchhöhle in einem warmen NaCl-Bade untergebracht waren, zeigt uns, daß wir auch mit verschiedenen anderen Methoden, die anscheinend einen viel schwereren Eingriff bedeuten, zu exakten Resultaten kommen können, obschon wir natürlich immer im Auge behalten

müssen, daß eine vorausgehende Läsion des Bauchfells und das Freilegen der Därme zum mindesten für das Allgemeinbefinden der Tiere nicht gleichgültig ist. In dieser Erwägung hat Weber (zit. bei Buchbinder) die Darmbewegungen im intakten Peritonealraume so zur Anschauung gebracht, daß er die Haut und Muskulatur der vorderen Bauchwand abpräparierte. Es gelingt, die undurchsichtigen Schichten von der Fascia transversa abzulösen und durch die dünne Fascie und das Peritoneum die vorliegenden Eingeweide gleichsam wie durch ein Fenster zu überblicken, die tieferen Partien blieben allerdings verborgen.

Bei der Laparotomie lebender als auch frisch getöteter Tiere zeigt sich eine rege Peristaltik, welche jedoch durch Schädigung infolge des Luftkontaktes bald erlahmt und schon deshalb nicht ohne weiteres den normalen Verhältnissen gleichgeachtet werden darf. v. Braam-Houckgeest, Jakoby, Cyon brachten die Tiere deshalb in ein Bad mit warmer physiologischer Kochsalzlösung, in eine flache Wanne oder in einen aufrecht stehenden Kasten mit Glasfenster. Einen ähnlichen Schutz erzielt man, wenn über der eröffneten Bauchhöhle ein warmer Dampfspray unterhalten wird (Wegener, Buchbinder). Man hat dabei den Vorteil einer direkteren Zugänglichkeit. Noch günstigere Bedingungen schafft man dadurch, daß ein längeres Darmstück in Zusammenhang mit dem Mesenterium durch einen nicht zu großen Schlitz in der Bauchwand vorgezogen und in eine neben dem Körper stehende flache Wanne mit physiologischer erwärmter NaCl-Lösung ausgebreitet wird. Diese Methode bewährt sich sehr gut bei Kaninchen. Bei Hunden, beim Affen, überhaupt bei Tieren, die ein kürzeres Mesenterium besitzen, ist es oft schwierig, eine genügend bewegliche Schlinge zu finden. Die Untersuchung gänzlich abgetrennter Darmschlingen, die man am besten dem noch lebenden Tiere entnimmt, läßt sich in einer flachen Wanne mit NaCl- oder Ringer-Lösung durchführen, der man Sauerstoff zuperlen läßt (Magnus). Salvioli hat größere isolierte Darmpartien künstlich durchblutet, indem er in die großen Gefäße Kanülen einband und eine mit Blut vermischte NaCl-Lösung einfließen ließ. An solchen exponierten Schlingen kann man die Bewegung des Inhaltes genau abmessen, an eingeführten glatten Fremdkörpern den Effekt der Peristaltik leicht erkennen und vor allem im Lumen selbst oder an der Wandung Apparate anbringen, welche die Darmbewegung graphisch vor Augen führen. Durch Einlegen eines mit Luft oder Flüssigkeit gefüllten kleinen Ballons wird der Druck durch das Verbindungsrohr auf dem Mareyschen Tambour oder auf dem Pistonrekorder in eine Hebelbewegung umgesetzt und auf der Trommel aufgeschrieben; die Anordnung bringt im wesentlichen die Kontraktion der Ringmuskulatur zur Anschauung, bietet aber den Nachteil, daß der Ballon als fest-

liegender Fremdkörper einen unnatürlichen Reiz ausübt. Diese Störung wird vermieden, wenn wir einen Streifen der Längsmuskulatur oder ein Segment des Ringmuskels zwischen einen feststehenden Punkt und einen beweglichen Schreibhebel einspannen; die infolge der Läsion an den Fixationspunkten ausgelöste Bewegung gleicht sich nach kürzester Zeit wieder aus[1]).

An der Hand solcher graphischen Methoden, welche besser geeignet sind als die bloße Inspektion, auch über geringfügige Bewegungen, Tonuschwankungen Aufschluß zu geben, haben Starling, Bayliss, Magnus gesetzmäßige Erscheinungen der normalen Darmbewegung festgestellt, die uns bei den Studien am pathologisch veränderten Organe zur Leitung dienen sollen.

5. Physiologie der Dünndarmbewegung.

Man unterscheidet peristaltische Bewegungen und Pendelbewegungen. Die ersteren äußern sich in einer starken Kontraktion des zirkulären Schlauches, welche sowohl das Lumen des Darmes, als auch der Blutgefäße verengert, so daß die beteiligten Partien anämisch erscheinen. Der Kontraktionsring, 3—5 mm breit, bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 1—4 cm in 10 Sekunden von oben nach unten entweder nur über eine kürzere Strecke oder über den ganzen Dünndarm bis ins Colon. Die Erscheinung tritt entweder spontan auf, besonders bei guter Füllung des Darmes, sie läßt sich aber auch künstlich oft, nicht regelmäßig, hervorrufen durch elektrische oder mechanische Reizung einer Darmpartie, nach Injektion konzentrierter NaCl-Lösung oder nach Einführung eines glatten Fremdkörpers ins Lumen. Die Bewegung läßt sich auf zwei Komponenten zurückführen. Oberhalb des Hindernisses setzt eine Kontraktion ein, unterhalb desselben erschlafft der Darm, und zwar läßt sich durch doppelte Muskelschreibung nachweisen, daß beide Lagen, der Ringmuskel sowohl wie der Längsmuskel, sich ausdehnen. Der Inhalt wird unter dem Kontraktionsringe weg in die erschlaffte Partie vorgetrieben und, indem nun das untere Segment sich zusammenzieht, das folgende nachgibt, tritt der Körper immer tiefer; dabei kann man, besonders am Kaninchendarm, häufig beobachten, wie der enge Ring sich unter die noch schlaffe Umgebung herabschiebt, so daß die Erscheinungen der Invagination nachgeahmt werden. Im Dünndarm gilt das von Bayliss und Starling aufgestellte Gesetz: Kontraktion oberhalb, Erschlaffung unterhalb des Reizes. Dieser Reflex, der gehäuft auftreten soll nach Durchtrennung von Vagus und Splanchnicus, spielt sich ab in den Darmwandganglien des Auerbachschen Plexus. Er ist

---

1) Eine ausführliche Beschreibung derartiger Versuche gibt Magnus im Handb. d. phys. Methodik, Bd. 2, 1908, p. 115 u. f.

auch am isolierten Darme in Ringerscher Flüssigkeit beobachtet und selbst nach Entfernung der Schleimhaut und Submucosa noch vorhanden (Magnus).

Die Pendelbewegungen bleiben für die Beförderung des Darminhaltes ohne Einfluß. Sie haben die Aufgabe, den Speisebrei zu mischen und stets neue Partien desselben mit der Schleimhaut in Berührung zu bringen. Am schönsten sieht man sie am isolierten Darm in Ringerscher Lösung. Man erkennt an solchen Organen rhythmische Schwingungen, die alle 4—6 Sekunden regelmäßig auftreten und sich über kleinere oder größere Darmstücke abwärts fortpflanzen. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, daß einzelne Längs- oder Ringmuskelstreifen sich kontrahieren, während andere noch erschlafft sind und indem sich wechselweise bald die eine Gruppe, bald eine andere stärker oder schwächer zusammenzieht, wird der Ausschlag der Bewegung nach verschiedener Richtung stattfinden. Die Aufzeichnung ergibt Zacken, welche langsam an Höhe zunehmen, bis sie ein gewisses Maximum erreicht haben und dann wieder absinken. In manchen Darstellungen zeigen sich diese kurzdauernden Bewegungen aufgesetzt auf wellenförmig ablaufende Schwankungen, die in einer über längere Zeit (30 bis 100 Sekunden) sich verteilenden Zu- und Abnahme des Gesamttonus in der untersuchten Schlinge ihren Grund haben.

Tonusschwankungen.

Mit der Verstärkung einzelner Pendelbewegungen erhebt sich auch der Tonus. Das Wesen dieses Phänomens ist noch nicht klargestellt. Am Beginn einer Tonusschwankung sieht man, wie sich nur am einen Ende die Längsmuskeln kontrahieren und die anderen in pendelndem Rhythmus nachfolgen, bis das Maximum erreicht ist, dann erfolgt ebenso die Erschlaffung. Die Ringmuskulatur führt ganz entsprechende Bewegungen aus (Magnus). Die beiden Erscheinungen, Pendelbewegungen und Tonusschwankungen, scheinen innig verbunden zu sein; wir begegnen im experimentellen Teile dieser Arbeit häufig einer gleichzeitigen Aenderung ihrer Stärke. Auch die Pendelbewegungen finden im Auerbachschen Plexus ihren Ausgangspunkt. Nach Entfernung der Schleimhaut und Submucosa bestehen sie unverändert fort. Magnus hat nachgewiesen, daß ein fundamentaler Unterschied besteht zwischen Präparaten mit erhaltenem Plexus und ganglienfreien Darmstücken. Bei der Katze gelingt es, die Ring- und Längsmuskulatur so zu trennen, daß an der äußeren Schicht, dem Längsmuskelstreifen, der Plexus haften und erhalten bleibt, während die Ringmuskelschicht sich isoliert abziehen läßt. Am plexushaltigen Präparat fand er die rhythmischen Pendelbewegungen, welche spontan auftreten und einen um so normaleren Typus zeigen, je vollständiger das Gangliennetz bei der Präparation erhalten blieb. Er stellte ferner fest, daß solche Darmteile auf Dauer-

reiz mit einer rhythmischen Bewegung antworten und vergesellschaftet sind mit dem Phänomen der refraktären Periode, d. h. im Stadium der ansteigenden Bewegung bleibt ein neuer Reiz ohne Einfluß, erst in der Decrescente oder im Ruhezustande läßt sich eine neue verstärkte Kontraktion auslösen. Anders bei den plexusfreien Präparaten der Ringmuskulatur. Hier finden wir keine spontane Bewegung, ein Reiz bewirkt eine einmalige Zuckung, welche bei längerer Dauer in Tetanus übergeht, der Rhythmus fehlt, ebenso die Erscheinung der refraktären Latenz. Diese Befunde haben eine weitere Bestätigung erhalten durch Versuche von Yanase.

Bei Meerschweinchenembryonen besteht in früher Fötalperiode nur eine Ringmuskelschicht, welche keine Kontraktionen zeigt; erst in späteren Stadien tritt mit Entwickelung der Längsmuskelschicht und der ersten nervösen Elemente die Peristaltik auf. Der fötale Darm des Menschen zeigt in der 6. Woche noch keine Peristaltik, diese tritt mit der 11. Woche sehr deutlich in Erscheinung. Erst im 2. Monate werden Längsmuskeln und Ganglien ausgebildet; das Stadium der 6. Woche stellt ein von Natur aus gegebenes Präparat dar, ähnlich wie jenes, das Magnus nach Abziehen der Längsmuskelschicht am Darme des erwachsenen Tieres gewonnen hat. Bei beiden fehlt die Peristaltik.

Der erste Teil unserer Arbeit zeigt uns, daß wir das wichtigste Zentrum für die Regulierung der Darmbewegungen lokal, im Auerbachschen Plexus, zu suchen haben. Für die Entstehung der spontanen Pendel-, auch peristaltischen Bewegungen kommen Reize in Betracht, die von der Schleimhaut, vom Darminhalt ausgehen, auch von der Serosa aus lassen sich Reflexe auslösen; außerdem stellen sie sich in isolierten Muskelplexuspräparaten ein. Magnus hält es für das Wahrscheinlichste, daß die Erregungen durch Stoffwechselvorgänge in den nervösen Zentren selbst geliefert werden können. Dieses periphere Zentrum wird beeinflußt von Impulsen auf der Bahn der Vagi und Splanchnici. Erregung und Hemmung sind in hohem Maße abhängig von dem Zustande der Gefäßfüllung und Blutzirkulation, auch von dem Sättigungsgrade mit Sauerstoff und Kohlensäure.

Der Vollständigkeit halber soll noch erwähnt werden, daß spärliche Mitteilungen von Bechterew, Mislawski, Pfungen vorliegen, welche bei Reizung des Gyrus suprasylvius cerebri eine Erregung oder Hemmung der Dünndarmbewegung eintreten sahen.

Auf Grund dieser Darlegungen über die bisher bekannten Gesetze der normalen Darmbewegungen soll im 2. Teile die motorische Tätigkeit unter experimentell erzeugten pathologischen Bedingungen geprüft werden.

II. Teil.

Experimentelle Untersuchungen über die Bewegung des meteoristischen und peritonitischen Dünndarms und über die Funktion des Nervus vagus und Splanchnicus.

Meine Untersuchungen hatten die Aufgabe, festzustellen einmal die Reaktion normaler, isolierter überlebender Dünndarmschlingen auf mechanische Einflüsse, Reizung der Serosa, Muscularis und Schleimhaut; die Verschiedenheit der Bewegung bei stärkerem und geringerem Füllungsgrad; ihr Verhalten bei künstlich erzeugter Entzündung, bei Peritonitis, Schädigung durch vorher ausgeführte Ligatur, Strangulation der ganzen Darmschlinge oder nur des zugehörigen Mesenteriums.

Darmschlingen wurden frisch getöteten oder noch lebenden narkotisierten Tieren entnommen und in eine flache Schale mit Ringerscher Lösung von 37—40° gebracht. Nach der Vorschrift von Magnus wurde ein schwacher Strom Sauerstoff ins Bad zugeleitet. Das eine Ende der Schlinge wurde durch einen feinen Faden oder vermittelst Engelmannscher Serres-fines an einem festen Glasstab fixiert, das andere Ende mit dem Winkel eines beweglichen Schreibhebels verbunden, der die Bewegungen auf eine langsam rotierende Trommel übertrug. Eine Schlinge von 4 bis 8 cm Länge wurde im Wasser schwebend so eingespannt, daß die Befestigungspunkte an demselben Längsmuskelstreif der Konvexität ansetzten. Die Versuchsanordnung wird durch nachstehende Figur erläutert. Wir registrieren dann im wesentlichen die Bewegungen der Längsmuskulatur, doch ist die axiale Ausdehnung naturgemäß beeinflußt von der Füllung der Schlinge, von der Krümmung des zylindrischen Bogens durch die Insertion des Mesenteriums, welches bis zu einem Teil erhalten blieb. Auch die Kontraktion der Ringmuskulatur kommt bei dieser Methode zum Ausdruck, indem eine zirkuläre lokale Einziehung im Bereich einer geblähten Schlinge eine geringe Verminderung der Länge mit sich führen muß. Die angewandte Einstellung gibt also ein Gesamtbild des Bewegungszustandes. Es lag nicht in der Absicht, die einzelnen Komponenten gesondert zu studieren.

Die gleiche Aufgabe wurde in einer größeren Versuchsreihe am lebenden Tiere durchgeführt. Eine gut bewegliche Dünndarmschlinge mit möglichst langem Mesenterium wird durch Laparotomie vorgezogen, ins Kochsalzbad gelagert und in analoger Weise zur Aufzeichnung der Bewegung eingespannt (siehe Fig. 1). Ich verwandte hauptsächlich Kaninchen, einmal weil sich die Darmbewegungen dieser Tiere sehr lebhaft abspielen und durch den Eingriff wenig geschädigt werden; vor allem aber aus anatomischen Rücksichten. Das Mesenterium dieser

Tiere ist lang, die Schlinge läßt sich ohne Spannung leicht weit vorziehen und zur Seite des aufgebundenen Tieres in einer flachen Wanne ausbreiten. Bei Hunden und Katzen findet man diese Bedingung weniger günstig, so daß eine stärkere Abkühlung sich nicht so leicht vermeiden läßt, auch werden durch das kurze Gekröse leicht andere Bewegungen, Atemexkursionen, willkürliche Zuckungen, auf die Darmschlinge übertragen, welche das graphische Bild erheblich stören. Durch einen lateralen, links gelegenen Bauchschnitt gewinnt man einige Zentimeter an Länge, muß jedoch mit einer etwas stärkeren Spannung der durch-

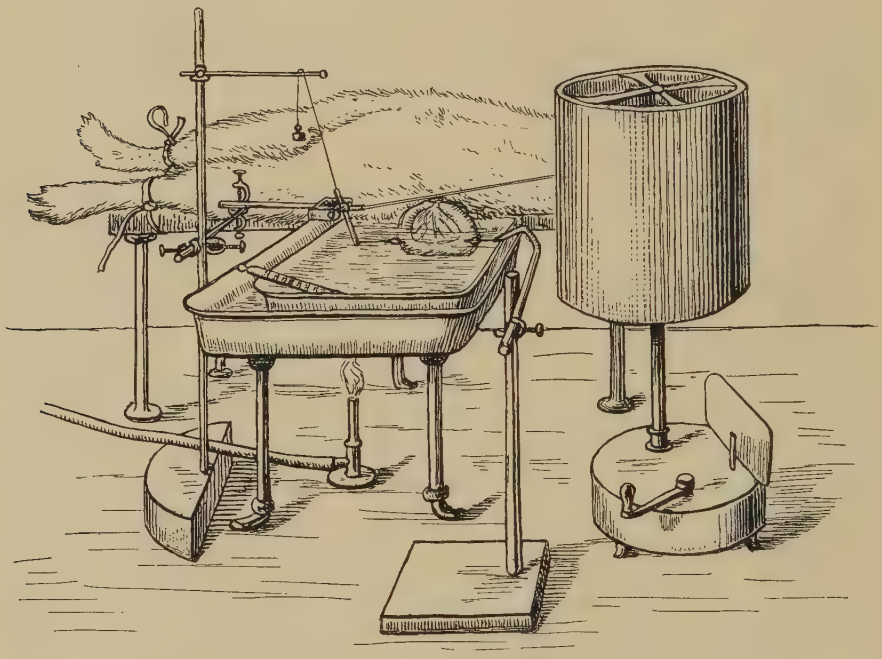


Fig. 1. Die Dünndarmschlinge wird durch eine seitliche Bauchöffnung vorgezogen, im warmen NaCl-Bade ausgebreitet. Das eine Ende wird fixiert, das andere mit einem Schreibhebel verbunden, welcher die Bewegung auf eine Trommel überträgt.

trennten massigen Bauchmuskeln rechnen und die Oeffnung weit genug anlegen, um eine Kompression des Mesenteriums und unbeabsichtigte Stauung im Darm zu vermeiden. Auch beim Affen läßt sich nur mit Mühe eine bewegliche Dünndarmschlinge vorziehen; wesentlich günstiger liegt das absteigende Colon. Die Tiere verhielten sich in Morphiumnarkose (Kaninchen 0,03 g, Hunde 0,05—0,07 g) meist ruhig; Manipulationen am Darm selbst, auch am peritonitischen oder strangulierten, wurden nicht von Schmerzäußerung begleitet, Eingriffe am Mesenterium nur dann, wenn sich der Zug auf die Radix ausdehnte. Verletzungen der Haut, der Muskulatur und des Peritoneums erregten regelmäßig Zuckungen bei allen Versuchstieren, wenn sie nicht infolge einer früher

gesetzten Peritonitis oder Ileus sich bereits im agonalen Zustand befanden.

Beim lebenden Tier ließen sich weitere Versuche anschließen über Darmbewegungen am vorgezogenen intakten Dünndarm, während gleichzeitig oder vorher an einer entferntliegenden intraperitoneal versenkten Schlinge eine typische Läsion gesetzt wurde. Unterbindung, Strangulation, Durchtrennung des Mesenteriums oder des ganzen Darms. Es ließ sich zeigen, daß extraperitoneale Schädigungen, insonderheit Verletzung sensibler Nerven, wie des femoralis, der intercostales die Darmtätigkeit beeinflussen, ebenso wie eine Aenderung im Blutkreislauf bei Anämie, bei intravenöser NaCl-Infusion. Ich verglich die Ergebnisse dieser Untersuchung am sonst unveränderten Darm mit dem Stadium der beginnenden oder ausgedehnten Peritonitis. Vor allem interessierte mich die Frage, in welchem Maße sind Vagus und Splanchnicus an der Alteration der Darmbewegung beteiligt, wenn sich das Organ im Zustand des mechanischen oder entzündlichen Ileus befindet. — Durch Resektion der beiden Vagusäste dicht unter dem Zwerchfall, bevor sie ihre geflechtartigen Verbindungen eingehen, ließ sich nach unseren früheren Erhebungen erwarten, daß ein motorischer Impuls ausgeschaltet würde. Nach Exstirpation der beiderseitigen Splanchnicusäste mußten Hemmungen wegfallen, welche möglicherweise einer Erlahmung der Peristaltik zugrunde liegen könnten. Zugleich läßt sich nach Ausschaltung dieser beiden, für den Dünndarm hauptsächlich in Betracht fallenden, Nerven ein Urteil gewinnen darüber, wie weit die beim einfachen Meteorismus oder Ileus und bei der Peritonitis einsetzenden Erscheinungen der Atonie als rein lokale Schädigung der Darmwandung aufzufassen sind. Zu diesen Versuchen eignen sich vorzugsweise Kaninchen, weil die Vagusäste noch unter dem Zwerchfell auf eine kurze Strecke am Oesophagus getrennt verlaufen und leichter ohne Nebenverletzungen vollständig zu durchtrennen sind als bei Hund und Katze. Auch das Auffinden der doppelten Aeste der Splanchnici mit ihrem Verbindungszweig gestaltet sich sicherer. Die Kaninchen erholen sich nach dem kurzdauernden Eingriff rasch und beginnen bald wieder mit der Nahrungsaufnahme, bei Hunden erschien mir die Operation als eine größere allgemeine Schädigung [1]).

A. Versuche am überlebenden Dünndarm.

1. Normales Organ.

An der vom Tier abgetrennten, isolierten überlebenden Dünndarmschlinge beobachten wir die Pendelbewegungen, wie sie Magnus genauer analysiert hat, lebhafte Schwingungen von 4—6 Sekunden Dauer,

1) Wegen Raummangels kann ich leider nur eine kleine Auswahl typischer Kurven als Illustration dem Texte beigeben.

die ein nicht ganz regelmäßiges periodisches Zu- und Abnehmen der einzelnen Kontraktionen auf der Kurve erkennen lassen. Vom Inhalt tritt unter dieser Bewegung an beiden offenen Enden nur wenig aus, eine eigentliche Peristaltik, ein Fortschieben größerer Partien konnte ich bei kurzen Schlingen nicht beobachten. Wird nun die Serosa des Darmstückes einem leichten mechanischen Reize ausgesetzt, indem wir einen feinen Strom kleinster Luftbläschen, Sauerstoff oder Kohlen-

Pinseln Pinseln

Kurve 1. Pendelbewegungen. Serosareiz des überlebenden Kaninchendarmes.

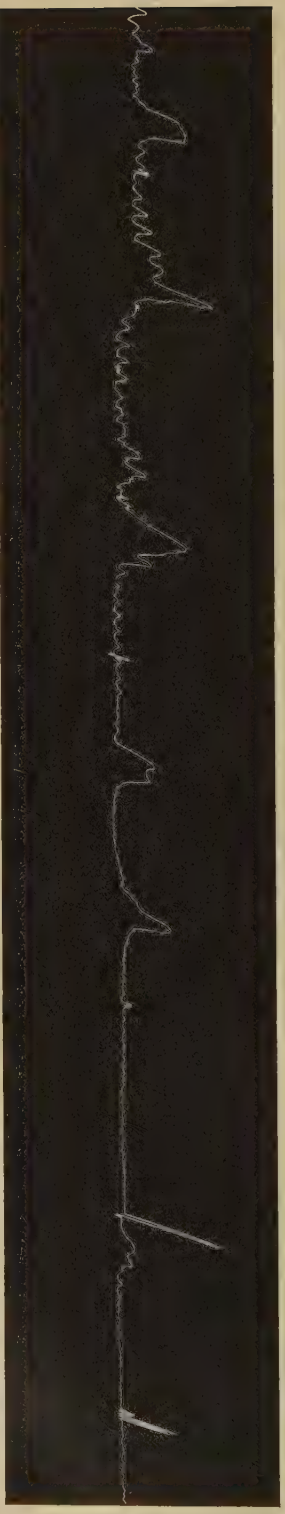
säure auf dünner ausgezogener Glasspitze auf die Schlinge einwirken lassen oder dieselbe mit Watte sanft streichen, so beobachten wir, wie zuerst unter 3—4 kräftigen Pendelbewegungen ein Sinken des Gesamttonus eintritt, die Kurve fällt stark unter das vorherige Niveau, sie hält sich jedoch hier nicht, sondern nimmt unter den folgenden ebenfalls kräftigen Pendelbewegungen einen lebhaften Anstieg, es tritt eine Spannung auf, welche in vielen Fällen die frühere Senkung an Differenz vom Ausgangstonus erheblich übertrifft und über eine mehrfach längere Zeit, 1—2 Minuten, anhält; ist der Kulminationspunkt in raschem An-

stieg erreicht, so werden die Ausschläge der einzelnen Pendelbewegungen kleiner, der Tonus sinkt nun langsam ab, und mit dem Absteigen der Kurve nimmt die Amplitude der einzelnen Schwingungen wieder zu, der Darm kehrt in seine frühere Tätigkeit zurück (Kurve 1). Auf diesen leichten mechanischen Reiz der Serosa tritt in der ganzen Schlinge ein Reflex auf, der dem von STARLING gefundenen Gesetz analog ist. Erschlaffung unterhalb des Reizes, Kontraktion oberhalb desselben. Diese Erscheinung spielt sich lokal ab, wir kennen sie als eine Funktion des AUERBACHschen Plexus. Wird während des Tonusanstieges der Versuch wiederholt, so beobachten wir eine sofortige Unterbrechung der weiteren Zunahme durch nochmalige Senkung, bei längerer Reizdauer folgen sich unregelmäßige Zacken, dann zeigt sich in gleicher Weise die Tonussteigerung, deren Höhe von der Intensität und Dauer des Reizes abhängig ist. Dabei gilt die Voraussetzung, daß der Reiz nur die Serosa trifft. Bei kräftigen Reiz der Muskulatur, Kompression des Darmes zwischen den Branchen einer Pinzette finden wir eine lokale und stationäre ringförmige Kontraktion, welche die primäre Hemmung nicht erkennen läßt und in kürzerer Zeit abläuft, die Aeußerung des direkten mechanischen Muskelreizes. Ausgiebige peristaltische Bewegungen konnte ich an kleineren Darmstücken nicht beobachten, doch wird auch durch Pendelbewegungen und Tonusschwankungen der Inhalt fortbewegt und tritt gewöhnlich an beiden Enden aus. Mechanische Läsion der Schleimhaut allein läßt keinen Einfluß auf die Bewegungen erkennen, auch eine Beschädigung des etwa noch erhaltenen Mesenteriums gibt an der freien Schlinge keinen Ausschlag. Beim Einführen eines glatten Fremdkörpers, z. B. einer Bohne, ließ sich weder lokale dauernde Kontraktion noch eine vermehrte Tätigkeit feststellen, dagegen ist unverkennbar die Größe der Schwingungen bei der isolierten freien Schlinge wesentlich höher als bei Därmen, die nur eventriert wurden; die einzelnen Zacken folgen sich mit großer Regelmäßigkeit, Tonusschwankungen treten wenig deutlich zutage.

2. Peritonitis.

Untersuchen wir nun, im Gegensatz zu der dem intakten Tier entnommenen normalen Darmschlinge ein Organ, welches vorher geschädigt wurde, so finden wir zunächst auffallend geringe Veränderungen der Bewegungen bei der Peritonitis, wenn dieselbe den nicht geblähten Darm ergriffen hat.

Bei einem kräftigen Kaninchen wurde eine obere Ileumschlinge stranguliert, mit dem Mesenterium 6 Stunden später reseziert; das untere Ileum erwies sich nun als leer. Die Därme wurden mit offenem Lumen reponiert, die Laparotomiewunde geschlossen. Das Tier lebte noch nach 24 Stunden, ging jedoch beim Beginn des neuen Versuches zugrunde.



Kurve 2. Geschädigter, überlebender Kaninchendarm im Zustande des Ileus. Schwache Pendelbewegungen. Peristaltische Kontraktionen noch erhalten.

Bei der sofort vorgenommenen Sektion zeigte sich eine diffuse eiterige Peritonitis. Die Dünndärme oberhalb der Resektionsstelle waren mit großen Mengen von Speisebrei angefüllt, stark gebläht und bewegungslos; das anale Ileum ist leer, die Serosa stark injiziert, durch reichliche frische Auflagerungen mit den umgebenden Eingeweiden schwach verklebt, zeigt lebhafte Bewegungen, die sich auch bei der herausgenommenen Schlinge erhalten.

Anfangs sind die Ausschläge der Pendelbewegungen regelmäßig, weit; später treten aus unbekannter Ursache tonische Schwankungen stärker auf. Der Serosareiz durch Wattepinseln, Anblasen gibt die bei der normalen Schlinge typische Reflexerscheinung. Erschlaffung, dann Anstieg der Pendelbewegungen und des Tonus, gleich wie Fig. 1, die peritonitische, leere Schlinge erscheint also sehr wenig verändert, ist in hohem Grade tätig und erregbar, wie ein normales Organ.

Anders das oberhalb der Resektionsstelle gelegene stark gestaute Stück. Man erhält nur sehr geringe Bewegungen, die eine Kurve kaum sichtbarer Wellen darstellen; mechanische Reize bleiben ohne Effekt, die Schlinge ist nicht mehr imstande, sich ihres Inhaltes zu entledigen, auch nach dessen künstlicher Entfernung erholt sie sich nicht mehr, stirbt rasch ab in dilatiertem Zustand. Wir erkennen daraus, daß die Stauung des Inhaltes, nicht die Entzündung selbst, eine Lähmung bedingt (vergl. Kurve 2).

Zwischen diesen beiden Extremen der anscheinend in ihrer Tätigkeit nicht beeinträchtigten und der

beinahe gänzlich bewegungslosen Schlinge liegen mehrere Zwischenstufen, die sich durch die Eigenartigkeit ihrer Kurven auszeichnen und nach dem schädigenden Eingriff das Einsetzen einer gesteigerten Aktivität erkennen lassen.

3. Ileus.

Bei einem Tier wurde 4 Stunden vor Beginn des Versuches eine Dünndarmschlinge von 6 cm Länge durch Umlegen einer nicht fest geschnürten Catgutligatur mit dem Mesenterium abgebunden. Bei der Relaparotomie erwies sich die Partie als erheblich erweitert, blaurot verfärbt; unter der Serosa des Darmes, im Mesenterium punktförmige und flächenhafte zahlreiche Blutextravasate; die Schlinge ist stark gefüllt, zum Teil durch Blutaustritt.

Ihre Bewegungen zeigen einen wesentlich veränderten, charakteristischen Typus. Infolge der starken Füllung ist der Ausschlag verringert, die Pendelbewegungen sind erhalten, aber klein, dafür treten die Tonusschwankungen besser zutage, in der Frequenz zeigt sich keine Aenderung. Wird die Serosa gepinselt, so zeigt sich an Stelle der nächsten Tonusschwankung eine starke Kontraktion der ganzen Schlinge in beiden Durchmessern; wir erhalten eine kräftige peristaltische Kontraktion, welche sich im Rhythmus der Tonusschwankungen mehrmals wiederholt. Der Anstieg übertrifft die vor dem Reiz registrierte Erhebung um ein Mehrfaches, führt dann zu tiefer Erschlaffung. Nach dem einmaligen Reiz folgen sich mehrere solcher Bewegungen im Verlauf von 2—3 Minuten, deren jede folgende etwas geringer ausfällt als die vorhergehende. In dieser Zeit sind die Pendelbewegungen anfangs gänzlich unterdrückt, später treten sie als kleine Unterbrechungen, dann wieder als deutliche Zacken im früheren Rhythmus hervor. Dieser Uebergang der Tonusschwankungen in peristaltische Bewegung, wie er auch in Kurve 4 aufgezeichnet ist, legt uns nahe, beide Erscheinungen auf einen Impuls zurückzuführen, der sich in jeder Dünndarmschlinge periodisch wiederholt; am leeren Organ verläuft die Bewegung abortiv, äußert sich als Tonusschwankung in einer geringen Erhebung der Kurve, bei Stauung des Inhaltes wird dagegen eine stärkere Energieentwickelung ausgelöst, peristaltische Kontraktion, welche auf den Inhalt einen lebhaften Druck ausübt und dessen rasche Weiterbeförderung veranlaßt. Es kann also jederzeit von jedem Punkte des Dünndarmes aus eine peristaltische Welle ausgelöst werden, welche sich nur quantitativ von den Tonusschwankungen unterscheidet. Wird die Schlinge weiter geschädigt, durch längere Stase des Inhalts, durch mechanische Dehnung infolge Zug oder Aufblasen mit Luft, so werden zuerst die Pendelbewegungen vernichtet, wir treffen dann nur noch langsam ablaufende wellenförmige Erhebungen, die Rudimente der bis zum völligen Absterben angedeuteten Peristaltik.

Bei diesem Versuche der Strangulation kann eingewendet werden, die Schlinge sei durch die während 4 Stunden andauernde Umschnürung geschädigt worden, insofern als die Blutzufuhr eine Veränderung im Sinne der Stauung erlitten hat, es könnte auch eine Unterbrechung der Nervenleitung derartige Störungen im Gefolge haben. Diese beiden Faktoren werden ausgeschaltet, wenn wir eine glatte Darmokklusion durch Ligatur der Kontinuität hervorrufen.

Bei einem Kaninchen wurde durch eine kleine Bauchöffnung eine Schlinge der Flexur vorgezogen, am Mesenterialansatz ein Faden durchgeführt und das Lumen abgebunden. Versenken des Darmes. Naht der Bauchdecken. Das Tier erholt sich rasch, frißt zunächst gut. Nach 20 Stunden sistiert die Nahrungsaufnahme, der Leib wird voller, das Tier ist apathisch, wird nach 28 Stunden getötet. Die unteren Dünndärme sind schwappend gefüllt, stark gedehnt, lassen nur träge und wenig ausgiebige Pendelbewegungen erkennen. Tiefe ringförmige Kontraktionen verlaufen zum Teil nach unten, meist lösen sie sich lokal wieder auf. Gefäße mittelweit, mit dunklem Blut gefüllt.

3 längere, verschieden stark gefüllte Dünndarmstücke zwischen unterem Ileum und oberstem Jejunum werden an beiden Enden ligiert und herausgenommen in warme NaCl-Lösung gelegt.

Die am stärksten geblähte, etwa daumendicke Schlinge wird sogleich eingespannt. Die Pendelbewegungen sind träge, wenig ausgiebig und unregelmäßig; wir finden spontane ringförmige Kontraktionen (Kurve 2), welche meist am Orte ihres Entstehens wieder verschwinden, ca. $^1/_2$—1 mm lang sichtbar sind und den dünnflüssigen Inhalt anscheinend wahllos bald nach oben, bald nach unten treiben. In seltenen Fällen schiebt sich der Einschnürungsring analwärts vor; eine Bewegung nach oben ist nicht zu beobachten; die Peristaltik zeigt sich auf der Kurve als eine langsam ansteigende, die Höhe der Pendelbewegungen weit überragende Zacke mit steilem Abfall, an welche sich Pendelbewegungen anschließen. Wird nun die Serosa gepinselt, so fehlt die bekannte Erschlaffung, doch zeigt sich teils in direktem Anschluß an den Reiz, teils erst nach einigen Pendelbewegungen an seiner Applikationsstelle eine neue Ringfurche, die einen weiteren Anstieg bedingt. Nach kurzer Versuchsdauer erlischt allmählich die spontane Bewegung, zuerst die Pendelbewegung, während noch vereinzelte peristaltische Ausschläge verzeichnet werden, der Darm ist bewegungslos, stark geschädigt, so daß er bald auf die mechanischen Reize nicht mehr reagiert. Wird nun in größerer Entfernung das anale Lumen eröffnet, so fließt wohl der nächstgelegene Darminhalt aus, die Schlinge kollabiert; doch findet das eingespannte Stück nicht mehr die Kraft, die gestauten Massen nachzuschieben, die Kurve zeigt keinerlei Bewegung mehr an. Wenn man den Darm aufschneidet oder ausdrückt, bleibt das Rohr weit und schlaff.

Zum folgenden Versuche wurde eine weiter oral gelegene, nicht so hochgradig gefüllte Schlinge verwendet, welche ca. 1 Stunde lang im NaCl-Bad gelegen und ihre Tätigkeit erhalten hatte.

Die Pendelbewegungen sind ebenfalls träge, aber energischer als bei der vorherigen Schlinge, auf Wattepinseln der Serosa erhalten wir einen ausgeprägten Tonusanstieg mit aufgesetzten Zacken, ebenso nach Kompression des Darmes am oralen Ende. Auf den Anblick zeigt sich hier eine ringförmige Einschnürung, welche auf ihrem kurzen Verlauf nach abwärts rasch erlischt. Wird die ganze Schlinge durch Zug in der Mitte bei gleichzeitig fixierten Endpunkten gedehnt; so tritt infolge der Streckung der Achse zunächst eine Erschlaffung auf, an diese schließt sich eine starke ringförmige Kontraktur an, welcher vom oralen Fixationspunkt aus eine zweite Welle nachfolgt, so daß wir 2 Erhebungen hintereinander verzeichnet finden. Doch läßt auch bei diesem Objekt die Tätigkeit rasch nach, es reagiert zunächst nicht mehr auf lokale Reize, erst nach Ausstreichen des Inhaltes tritt nochmals eine sehr starke Bewegung auf, welche zu einem sehr hohen, über lange Zeit ausgedehnten Anstiege führt. Der Darm erschlafft wieder, er erholt sich jedoch bald, bei leichtem Serosareiz und bei kräftiger Kompression erscheinen wieder Pendelbewegungen, lassen sich starke peristaltische Ringe auslösen. Die Schlinge erschlafft dann langsam und bleibt wieder bewegungslos.

Ein dritter Abschnitt desselben Tieres, die oberste Partie des Jejunums, war an der Stauung noch wenig beteiligt, sie hat lebhafte spontane Bewegungen bewahrt, der Inhalt ist nach Oeffnung der Ligaturen völlig ausgetreten. 2 Stunden nach der Tötung führt sie lebhafte Pendelbewegungen aus von rascher, regelmäßiger Folge (die Temperatur des Wassers betrug jedesmal 39—40° C). Wir finden hohe Zacken, Tonusschwankungen, Erschlaffung und Anstieg beim Pinseln der Serosa. Bei starker Kompression zeigt sich ein langdauernder Abfall, dann eine plötzliche starke Erhebung, welche wieder in die frühere Spannung überleitet, die tiefen zirkulären Einschnürungen sind nicht zu sehen, das Lumen ist eng, da der Inhalt vorher ausgetreten.

Aus diesen drei Beispielen von überlebenden meteoristischen Darmschlingen, welche verschiedene Grade des Ileus illustrieren, erkennen wir, daß der die Darmbewegung schädigende Einfluß in der Darmwandung selbst angreift und parallel geht mit der Stärke und der Dauer der Dehnung durch den gestauten Inhalt. Bei einer weit vom Hindernis entfernt gelegenen Schlinge sind Rhythmus, Frequenz und Stärke der Pendelbewegungen noch gut erhalten, der Serosareflex intakt; je näher wir an die Stenose herankommen, je stärker der Darm gefüllt ist, um so geringer ist der Ausschlag der Pendelbewegungen, bis sie gänzlich erlöschen; die Peristaltik zeigt sich dagegen

vermehrt, sie tritt spontan gehäuft auf, wird in diesem Zustand des Darmes auch durch äußere Reize leicht zur Erscheinung gebracht, sie erweist sich noch lange Zeit als kräftig, wenn die andere Bewegungsform bereits erstorben ist. Die gleiche Erfahrung gilt für die Strangulation einer Dünndarmschlinge; bei der Peritonitis finden wir am leeren Darm trotz starker Hyperämie und ausgedehnter fibrinöser Auflagerungen eine ungestörte Bewegung, wenn keine Stauung des Inhaltes mit einhergeht, dagegen eine intensive Schädigung bei dessen Anhäufung.

Bei der Beurteilung der Ursachen der Darmlähmung dürfen wir die Hyperämie, eine die Serosa durchdringende toxische Wirkung der intraperitoneal resorbierten Gifte oder eine Hemmung durch reflektorische Nervenleitung ausschließen; der Grund zur Atonie ist in einer Veränderung des normalen Darminhaltes zu suchen, einmal durch Stauung des andrängenden Speisebreies vor einem Hindernis, und vielleicht in noch höherem Maße durch die Zunahme des Darminhaltes infolge einer unter abnormen Verhältnissen stark gesteigerten, möglicherweise toxisch wirkenden Sekretion der Darmschleimhaut.

B. Versuche am eventrierten Darm.

Besser als an ausgeschnittenen, überlebenden Schlingen läßt sich der Einfluß, solcher, die Pathologie nachahmender Eingriffe, an Darmstücken beobachten, die mit dem Tier in Zusammenhang bleiben und durch eine Oeffnung des Abdomens in ein NaCl-Bad und so mit dem Schreibhebel in Verbindung gebracht werden. Auch diesen Versuchen möchte ich erst Beobachtungen an sonst normalen Tieren vorausschicken.

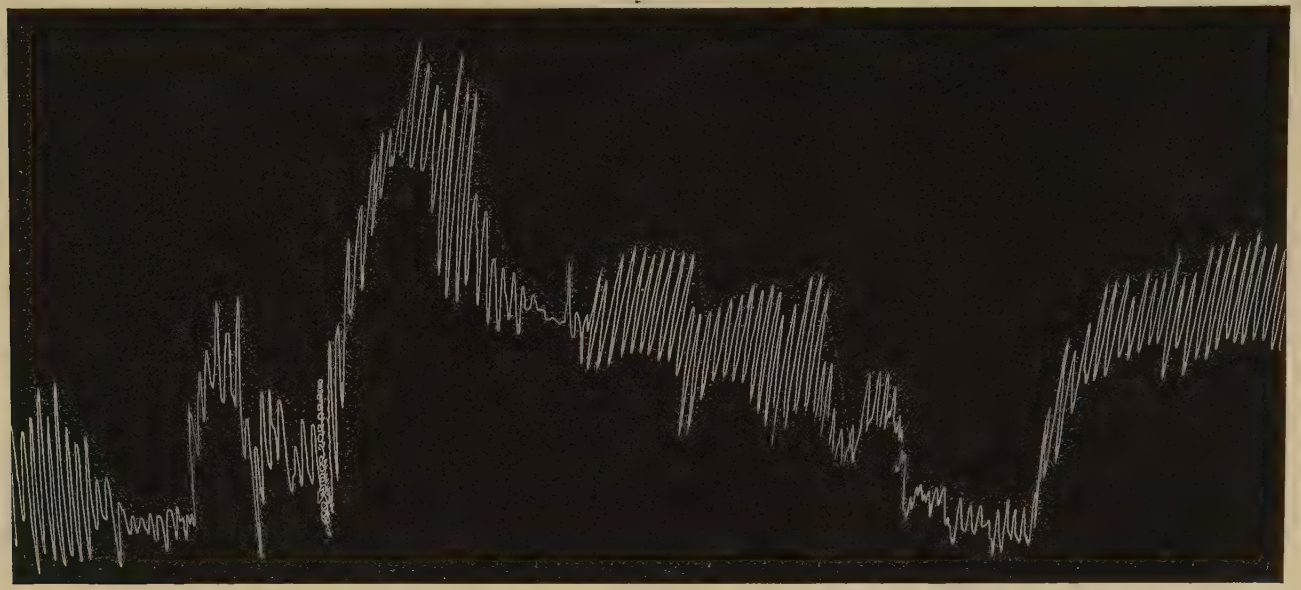
1. Normaler Zustand.

Am vorgezogenen Kaninchendarm bei geringem oder mittlerem Füllungszustand stellen sich sofort lebhafte Pendelbewegungen ein, welche entweder in ihrer Größe wenig differieren und sich regelmäßig aneinander anreihen, oder es tritt ein periodenweises An- und Abschwellen der Bewegungen auf, die oft mit einer Zu- und Abnahme des Gesamttonus verbunden ist. Beide Formen der Bewegung können unmittelbar ineinander übergehen; es ist mir nicht möglich, diese Verschiedenheit der Kurven zu erklären. Ich konnte nur beobachten, daß zu Beginn der Versuche die regelmäßige Reihe vorherrscht, nach Applikation verschiedener Reize auf Mesenterium, parietales Peritoneum oder den Darm stellen sich dann die Perioden ein. Eine ausgesprochen peristaltische Bewegung, wie sie sich bei der freien meteoristischen Schlinge durch hohe, über lange Zeit verlaufende Zacken in der Kurve und durch tiefe fortschreitende Ringfurchen im Präparat kund-

gibt, konnte ich am normalen Darm in zahlreichen Versuchen nicht konstatieren, spontane, mehr oder weniger ausgeprägte Tonusschwankungen sind stets zu erkennen; im ganzen ist die Exkursion der Pendelbewegungen, welche nie vermißt werden, etwas geringer als am überlebenden Darm.

Ein mechanischer Reiz der Serosa durch Pinseln oder Anblasen der eingespannten Schlinge löst eine energische Kontraktion des ganzen Darmstückes aus. Wir finden einen rapiden, sehr starken Anstieg verzeichnet, jede neue Pendelbewegung führt zu vermehrter Spannung; wenn der Höhepunkt erreicht ist, folgt unter starken Ausschlägen ein langsamer Abfall, die einzelnen Zacken werden wieder kleiner (Kurve 3), eine gleiche Bewegung tritt auch bei kräftiger Kompression des Darmes ein; beim Hunde- und Affendarm treffen wir den gleichen Reflex; aber während bei der freien Darmschlinge beim Serosareiz erst eine kurze Erschlaffung und dann die Kontraktion die Regel bildet, finden wir hier oft bei leichtem Reiz einen sofortigen Anstieg, bei kräftiger Kompression eine vorausgehende Erschlaffung; bei wiederholten Versuchen ist die primäre Hemmung jedoch deutlich zu erkennen. Eine Dehnung der Schlinge läßt sich am besten durch Füllung des Lumens erreichen. Beim Einblasen von Luft ist eine deutliche Zunahme der Bewegungen nicht zu erkennen, die anregende Wirkung des Sauerstoffs konnte ich nicht bestätigen. Die Spannung steigt je nach der Menge der eingeführten Luft. Pendelbewegungen verlieren an Amplitude infolge der größeren Rigidität des Darmrohres, Peristaltik wurde nicht ausgelöst. Nach Injektion von physiologischer Kochsalzlösung ist eine Aenderung der Bewegungsart nicht immer zu erkennen, dagegen zeigt sich eine deutliche Verstärkung der Pendelbewegungen; beim Einpressen von normalem Darminhalt, beim Einspritzen von Blut, Galle oder Glycerin. Wird vermehrter Darminhalt über längere Zeit zurückgehalten, so treffen wir auch bei einer Schlinge, die sich nicht mehr stark bewegt, häufig noch lebhafte peristaltische Kontraktionen, die den Inhalt rasch austreiben; nach der Entleerung, im schlaffen Zustand, erlischt dann die Bewegung fast vollständig.

An der eventrierten, mit dem Tier noch kontinuierlich verbundenen und durch die Mesenterialgefäße ernährten Schlinge lassen sich mannigfache Vorgänge studieren, die von der näheren oder weiteren Umgebung aus die Darmbewegung beeinflussen. Eine Kompression des zugehörigen Mesenteriums, welche die Blutversorgung nicht abschließt, äußert eine ähnliche Wirkung, wie ein Serosareiz an der Darmschlinge, erst Hemmung, dann ein stärkerer Anstieg, der Tonus bleibt für längere Zeit erhöht, in jedem Falle zeigen die Pendelbewegungen einen gestörten Rhythmus während der ganzen Dauer des Eingriffes. Wird die Radix durch einen Faden so zusammengebunden, daß höchstens vom Rande her eine Blutversorgung möglich ist, so sehen wir eine



Kurve 3. Vorgelagerter Darm. Mechanischer Reiz, Pinseln, Anblasen der Serosa bedingt lebhaften Tonusanstieg. Ein zweiter Bauchschnitt. Durchtrennung der Haut, der Fascie, des Peritoneums bedingt reflektorisch Tonusabfall und Hemmung der Pendelbewegungen.

außerordentlich starke Kontraktion eintreten. Der Abfall erfolgt langsamer unter kräftigen Pendelbewegungen bis unter das vorherige Niveau und führt zu einem mehr oder weniger lang dauernden Bewegungsstillstand; später treten erst vereinzelte schwächere, dann stärkere Schwingungen auf: das Darmstück gewinnt aber bald wieder seine Erregbarkeit und antwortet auf Serosareiz mit prompten Bewegungen. Die gleiche Erscheinung zeigt sich auch bei Durchtrennung des Mesenteriums peripher von der Ligatur, das abgelöste Darmstück behält zunächst seine Beweglichkeit bei, wie eine überlebende isolierte Schlinge.

Wird zu Beginn des Versuches ein größeres Darmstück vorgezogen, von welchem nur ein Teil eingespannt wird, so zeigt sich nach Kompression oder Ligatur des zu- und abführenden Schenkels primär eine Erschlaffung der Versuchsschlinge, welche von einer rasch ansteigenden und über längere Zeit ausgedehnten Zunahme des Tonus und der Schwingungen begleitet ist. Nach Strangulation des ganzen Darmstückes sehen wir eine Bewegung analog derjenigen, die wir nach Ligatur oder Durchtrennung des Mesenteriums beobachtet haben, erst Erschlaffung, dann sehr starke ringförmige Kontraktion, welche sich langsam auflöst; nach kurzer Ruhepause Bewegungen wie beim überlebenden Darm.

Von großer Bedeutung ist, wie Magnus am überlebenden Darme gezeigt hat, die Einwirkung verschiedener Temperaturen auf die Darmbewegung. Die Frequenz der Pendelschwingungen steigert sich mit zunehmender Erwärmung bis zu einer bestimmten Höhe. An einer eventrierten Schlinge, welche bei einer Temperatur des NaCl-Bades von 20° nur spärliche niedrige Erhebungen erkennen läßt, während Tonusschwankungen fehlen, erzeugt die rasche Erwärmung auf 40° C eine auffallende Erhöhung des Gesamttonus. Die Pendelbewegungen, anfangs selten und unregelmäßig, gewinnen an Amplitude, sie folgen rascher aufeinander, und da, wo kurz vorher das Leben beinahe erloschen schien, finden wir im erwärmten Medium lebhafte Schwingungen von deutlich periodischem Charakter. Wird die Temperatur in gleicher Höhe gehalten, so bleibt auch die gesteigerte Frequenz der Schwingungen; die Spannung der Schlinge ist konstant, aber die Amplitude der einzelnen Schwingungen nimmt nach wenigen Perioden plötzlich ab, die Kurve wird mit kleinen Ausschlägen fortgesetzt. Neben der durch den Temperaturwechsel bedingten konstanten Veränderung in Frequenz und Tonussteigerung treffen wir also noch eine vorübergehende Reizwirkung, ein periodisches Anschwellen und Absinken der einzelnen Schwingungen. Es liegt nun nahe, in diesem einfachen Versuche 2 Komponenten zu erkennen, welche eine verschiedenartige Wirkung im Kurvenbilde vereinigt zum Ausdrucke bringen, einmal die Temperaturerhöhung als solche, dann aber auch eine durch die Erwärmung der Darmschlinge und des Mesenteriums veränderte Blutzirkulation. Beim wenig ge-

füllten Darme fällt eine mit der Temperatursteigerung zunehmende Hyperämie deutlich auf. Die Arterien pulsieren stärker, sie und namentlich die Venen werden erheblich erweitert. Der Darm ist lebhaft durchblutet.

Nun sind die Ansichten über den Einfluß der Hyperämie und Anämie geteilt. Bokai, v. Braam Houckgeest geben an, daß Hyperämie, arterielle sowohl wie venöse, den Darm in Bewegung versetzt, daß Anämie niemals das Auftreten von Bewegungen bedingt. Schiff zeigte, daß nach Kompression der Aorta anfängliche Bewegungen zum Stillstande kommen, dann aber tritt eine Steigerung ein. Mall und Bayliss fanden, daß Anämie alle Darmbewegungen hemmt. Bei Verblutung eines Kaninchens aus der V. anonyma sah ich ein Anwachsen der einzelnen Schwingungen, Tonusschwankungen, zugleich einen sehr hohen Anstieg des Gesamttonus, dessen Erhebung mit der Größe des Blutverlustes zunahm, bis die terminalen Zuckungen eintraten, welche leider das Bild störten. Bei einem Hunde mit Peritonitis, welcher verblutet wurde, zeigte sich anfänglich eine Zunahme der Pendelbewegungen, ein nur geringer Anstieg des Tonus, mit dem Tode des Tieres erloschen jedoch die Bewegungen vollständig. Beim Affen, welcher nach Durchschneidung der Art. femoralis an akuter Anämie zugrunde ging, zeigte sich keine Aenderung der Kurve. Bei Kompression der Aorta durch die intakten Bauchdecken, bis in den Mesenterialgefäßen kein Puls mehr zu erkennen war, sah ich immer eine sofortige Unterbrechung vorher regelmäßiger periodischer Darmtätigkeit. Der Tonus sinkt stark, die Ausschläge werden unregelmäßig; nach Freigabe der Zirkulation treffen wir einen raschen Anstieg mit Uebergang zu der früheren Bewegungsform. Die Kompression des Thorax, welche eine Füllung der Darmgefäße mit CO_2-reicherem Blute bedingt, ergibt bei Hund und Kaninchen eine anfängliche kurze Hemmung, welcher rasch eine starke Tonussteigerung folgt. Die Erstickung, durch Zuhalten der Nasen- und Mundöffnung, führt zu sofortiger Hemmung, selbst zum Stillstande der Bewegung, die ersten freien Atemzüge stellen die frühere Tätigkeit wieder her. Auf den Einfluß einer künstlichen Vermehrung der Blutflüssigkeit durch intravenöse Kochsalzinfusion soll bei der Besprechung des Ileus eingegangen werden.

Neben diesen lokalen Einwirkungen auf die Darmtätigkeit, welche vom Lumen, von der Serosa oder vom Mesenterium aus die Funktion der autonomen Ganglienzellen zu einem wechselvollen Spiele anregen, kennen wir eine Reihe von Einflüssen, welche wir als äußere Reflexe den bisher festgestellten entgegensetzen können. Es handelt sich vorwiegend um Hemmungserscheinungen, die von einem der untersuchten Schlinge ferngelegenen Punkte ausgehen und auf der Bahn des Splanchnicus zum Darme über-

geleitet werden. Am deutlichsten treten diese Hemmungen bei Verletzung der Bauchwand hervor, und zwar um so mehr, je lebhafter sich vorher die spontane Tätigkeit des Darmes kundgibt. Bei einem Kaninchen, dessen eingespannte Schlinge mittelstarke Bewegungen erkennen läßt, wird eine zweite mediane Laparotomie ausgeführt. Im Momente, wo die aufgehobene Hautfalte durchtrennt wird, zeigt sich ein Abfall des Tonus von deutlichem Ausschlag, die Pendelbewegungen sind in ihrer Amplitude nicht merklich beeinflußt. Durchschneidet man nun die Muskulatur, so erfolgt unter Schmerzäußerung eine weitere, stärkere Tonussenkung, die Schwingungen werden kleiner, erheben sich aber rasch wieder, noch intensiver äußert sich die Hemmung bei der Eröffnung des Peritoneum parietale; die Spannung der Schlinge reicht weit unter die Normale, die Pendelbewegungen sind unregelmäßig, klein. Der Reiz der Verletzung, die nicht länger als 1 Sekunde gedauert hat, hält über längere Zeit, 1—2 Minuten, an; die Erschlaffung bleibt auf gleichem Niveau stehen, in einzelnen Versuchen länger, in anderen kürzer, bis ein plötzlicher steiler Anstieg der Pendelbewegungen wieder in den Zustand überleitet, von welchem wir bei Beginn des Versuches ausgegangen sind (vergl. Kurve 3). Wird das am Rande der Laparotomiewunde freie Peritoneum parietale allein verletzt, so erhalten wir einen einmaligen, sehr starken, über längere Zeit andauernden Abfall. Der Reflex ist beim sonst normalen Kaninchen jederzeit sicher auszulösen. Er ist stets von einer Schmerzäußerung begleitet. Die Alteration der Darmtätigkeit erstreckt sich über eine relativ lange Periode, wenigstens im Verhältnis zu den an der Versuchsschlinge selbst ausgeführten Läsionen, doch ist sie nur vorübergehend und wirkt nicht im Sinne einer dauernden Veränderung. Beim Hunde und beim Affen treffen wir sie ebenfalls konstant, sie erscheint hier geringer, weil die Kurve im ganzen sich in engeren Grenzen hält, doch ist die Dauer der Hemmung wesentlich kürzer. Die Bahn dieses Reflexes haben wir uns wohl so vorzustellen, daß die Erregung durch die Nervi intercostales nach dem Rückenmark und von hier aus durch die Splanchnici nach den lokalen Darmzentren fortgeleitet wird; denn, wie ich gleich vorwegnehmen möchte, der Reflex ist nachzuweisen nur bei intakten Splanchnicis, nach deren Durchschneidung fehlt er, bleibt dagegen wohlausgeprägt nach Exstirpation der Vagi. Eine Entscheidung darüber, ob die Erregung im gleichen Rückenmarkssegment übergeleitet wird, oder ob wir annehmen müssen, daß ein Aufsteigen bis zu den Ganglien der Medulla oder des Großhirns vorliegt, kann ich nicht treffen; nach Abbinden des Mesenteriums ist die Erscheinung, wie zu erwarten stand, nicht mehr zu beobachten. Die Hemmung pflanzt sich also jedenfalls nicht in axialer Richtung auf dem Darme fort, sondern radiär im Verlaufe des Mes-

enteriums. Nach unserer Erfahrung liegen zwei Möglichkeiten vor, entweder handelt es sich um eine reine Nervenleitung oder um einen Gefäßreflex, eine Drucksenkung, bedingt durch Gefäßerweiterung im Splanchnicusgebiet, die Hemmungswirkung ist dann analog der Erscheinung, die wir bei der Kompression der Aorta oder bei der Erstickung gesehen haben, und steht im Gegensatz zu der gesteigerten Tätigkeit bei Druck auf Thorax und Lungen, welche im Darmgebiet eine Stauung erzeugen. Diese prägnante Hemmung zeigt sich nicht allein bei einer Läsion des parietalen Peritoneums, wir begegnen ihr bei einer Reihe von anderen Manipulationen. Läßt man Kaninchen stark riechende Flüssigkeit einatmen, z. B. Essigsäure, Aether, Chloroform, indem man einen kleinen getränkten Wattebausch nahe an die Nase hält, so zeigt sich bei intakten Splanchnicis ein sehr deutlicher Abfall von Tonus und Pendelbewegungen, welche über längere Zeit anhalten. Eine Verletzung des Nervus femoralis, Quetschung des Hodens gibt die gleiche Hemmung, bei empfindlichen Tieren zeigte sich die Erscheinung auch deutlich nach kurzer Berührung der Cornea, beim Erschrecken durch einen Knall. Ich habe derartige Versuche häufig wiederholt und mich dabei überzeugt, daß auch beim ruhig liegenden Tiere eine Reihe ungewollter und ob ihrer Geringfügigkeit unbeachteter Zufälligkeiten, ein Luftzug, der Versuch einer spontanen Bewegung, das Gehen im Zimmer u. a. m. auf den Gang der Kurve einen unberechenbaren Einfluß ausüben kann, der die Beurteilung der Experimente nicht wenig erschwert. Bei leichtem Streichen oder Anblasen des Felles zeigte sich nach kurzer Hemmung ein Anstieg von Tonus und Pendelbewegungen. Gegen alle diese Reflexe ist das Kaninchen sehr empfindlich, beim Hunde und Affen trat die Wirkung nur bei der Beschädigung des parietalen Peritoneums und des N. femoralis sehr deutlich hervor. Meltzer und Auer haben, wie mir erst beim Niederschreiben dieser Arbeit bekannt wurde, den gleichen Hemmungsreflex auf die Peristaltik des Magens und Coecums beobachtet und in Studies from the Rockefeller Institute for Medical Research 1907 und 1908 darüber Mitteilung gemacht. Als Ursache dieser Unterdrückung der Darmtätigkeit glaubten sie erst den bei der Laparotomie auftretenden Schmerz ansprechen zu dürfen, doch blieb die Erscheinung noch konstant nach Durchtrennung des Rückenmarks unter dem III. Brustwirbel, welche eine Schmerzempfindung ausschließt. Sie zeigten weiter, daß nach Zerstörung des unteren Rückenmarks diese Hemmung ausbleibt, daß also das Coecum unter dem Einfluß eines Hemmungsreflexes steht, der vom Rückenmark ausgeht. Der Mitteilung ist zu entnehmen, daß der Reflex als eine Einwirkung auf den Darm selbst angesehen wird. Ich möchte glauben, daß die Verhältnisse nicht so einfach liegen, daß wir vielmehr die Erscheinung durch einen Einfluß auf die Vasomotoren erklären müssen. Die Hemmung

ist die Aeußerung einer Drucksenkung; denn bei einer Drucksteigerung durch Kompression des Thorax zeigen Tonus und Pendelbewegungen eine vermehrte Energie.

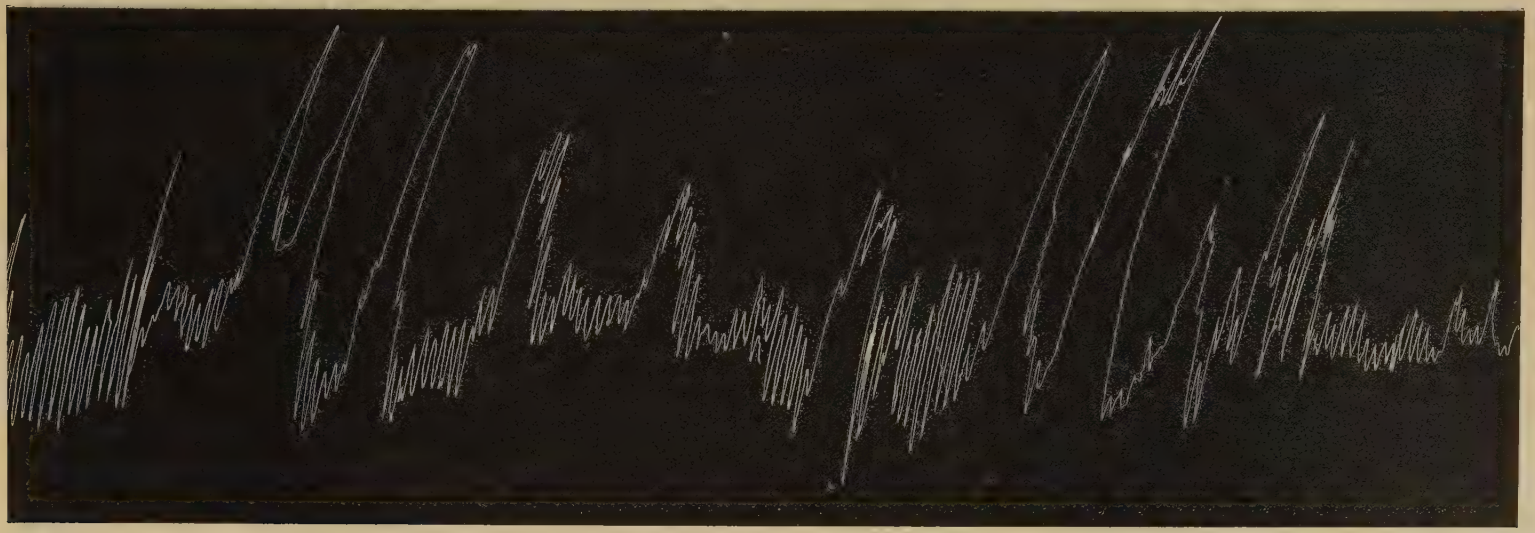
Ich habe ferner festzustellen versucht, ob die eine normale Dünndarmschlinge Veränderungen in ihrer Bewegung erkennen läßt, während eine zweite Schlinge durch eine neue Laparotomie vorgezogen und lädiert wird. Während des Vorlagerns eines zweiten Darmstückes zeigt die Versuchsschlinge die Störungen, welche eben besprochen sind, insbesondere treffen wir beim Herausziehen durch den Peritonealschlitz, auch wenn dies sehr sorgfältig geschieht, eine vollständige Unterdrückung der Darmtätigkeit in der Versuchsschlinge, und dies ist a priori eher auf die Reibung am parietalen Peritoneum als auf den Zug am Darm zurückzuführen, gleichwie eine Bewegung in der Bauchhöhle zu einer intensiven Depression führt. Wird das Darmrohr einer Schlinge verletzt, welche von dem eingeschalteten Stück genügend entfernt ist, so bekommen wir keinen Ausschlag, nur an der Läsionsstelle die lokale Wirkung, auch eine Kompression des Mesenteriums ist ohne deutlichen Einfluß auf die Bewegung eines anderen Darmstückes.

Wir haben gesehen, daß der normale eventrierte Dünndarm auf lokalen Reiz in ähnlicher Weise reagiert wie eine abgetrennte, überlebende Schlinge, daß aber von verschiedenen sensibeln Nerven aus leicht eine reflektorische Hemmung zustande kommt. Im folgenden sollen diese Ergebnisse am pathologisch veränderten Darm nachgeprüft werden. Vorausgehend darf nochmals erinnert werden, daß überlebende Partien im peritonitischen Zustand keine Schädigung erkennen lassen, solange die Schlinge leer ist, daß dagegen mit zunehmender Anfüllung bei Meteorismus die Lebensfähigkeit des Organes rasch erlischt; daß die Pendelbewegungen schon in leichten Stadien geschwächt erscheinen, während peristaltische Kontraktionen gehäuft auftreten und sich noch bis zuletzt auf mechanische Reize auslösen lassen.

2. Bewegungen der meteoristischen Schlinge.

Bei einem kräftigen Kaninchen wird das Mesenterium eines 10 cm langen Stückes Dünndarm an der Basis ligiert und zugleich an der Konkavität die Unterbindung der Kollateralen ausgeführt. Das Darmlumen bleibt in der Kontinuität erhalten. Reposition des Darmes und Verschluß der Bauchhöhle. Nach 5 Stunden Relaparotomie. Die Schlinge zeigt die charakteristischen Veränderungen der Gefäßstrangulation. Starke Füllung mit Kot und Blut; blaurote Verfärbung.

Pendelbewegungen zeigen einen verminderten Ausschlag. Lebhafte Tonusschwankungen beweisen den Uebergang in peristaltische Kontraktionen; solche werden auf mechanische Reize leicht hervorgerufen. Die reflektorischen Hemmungen fehlen, die ganze, nur im Mesenterium abgebundene Schlinge ist eigentlich im Zustand des überlebenden



Kompression Ligatur Durchtrennung des Mesenteriums

Kurve 4. Vorgelagerte meteoristische Schlinge. Sehr starke Peristaltik. Uebergang in Tonusschwankungen. Mechanischer Reiz (Kompression). Ligatur des Mesenteriums löst maximale Bewegung aus.

Organes, die erhaltene Kontinuität des Darmrohres ändert in dieser Hinsicht nichts. Am angrenzenden oralen Dünndarm, dessen Mesenterium intakt blieb, finden wir eine starke, doch nicht sehr hochgradige Stauung, eine geringe Hyperämie, keine Blutaustritte noch eine sichtbare Schädigung des Mesenteriums. Der Darm zeigt auffallend starke, rasch abwärts verlaufende Rollbewegungen, welche bis zu dem Punkte, wo das Mesenterium unterbunden ist, anstürmen und hier verschwinden; in den abführenden Darm gehen sie nicht über, wir sehen dort keine Stauung, nur Pendelbewegungen. Diese, vom Hindernis etwa 6 cm entfernte orale Schlinge wind eingespannt. Die Kurve zeigt ausgiebige Schwingungen mit Tonusschwankungen, welche gelegentlich durch Zuckungen des unruhigen Tieres gestört sind. Augenscheinlich leidet das Tier trotz der hohen Morphiumdosis 0,03 g. Nun beginnen in der Schlinge stürmische peristaltische Bewegungen, welche den Inhalt gegen die Stenose anpressen; hier bäumt sich der Darm in gesteiftem Zustand und läßt den flüssigen Inhalt nach der Erschlaffung wieder zurücktreten. Bei den nächsten Kontraktionen sistieren die Pendelbewegungen völlig oder sie sind nur als leichte Unterbrechungen im Aufstieg oder während der höchsten Spannung zu erkennen: bei weniger hohen Erhebungen finden wir sie im Aufstieg schwach, im Abfall deutlich ausgeprägt. Die Kurve beweist uns wiederum den direkten Uebergang stärkster Peristaltik in die gewöhnlichen Tonusschwankungen, und das Bild illustriert uns die aus klinischer Erfahrung längst bekannte vermehrte Tätigkeit des gefüllten Darmes vor dem Hindernis (Kurve 4). Wir finden, ähnlich wie bei der überlebenden meteoristischen Schlinge, ein Ueberwiegen der Peristaltik über die Schwingungen, aber während am abgelösten Darm eine starke Schädigung der Lebensfähigkeit auftritt, besteht hier noch die volle Energieentwickelung; sobald das Mesenterium unterbunden und damit die Zirkulation ausgeschaltet wird, tritt eine Schwächung auf, welche in den mortalen Zustand überleitet. Die Ligatur und Durchtrennung des Mesenteriums selbst wirkt als ein maximaler Reiz.

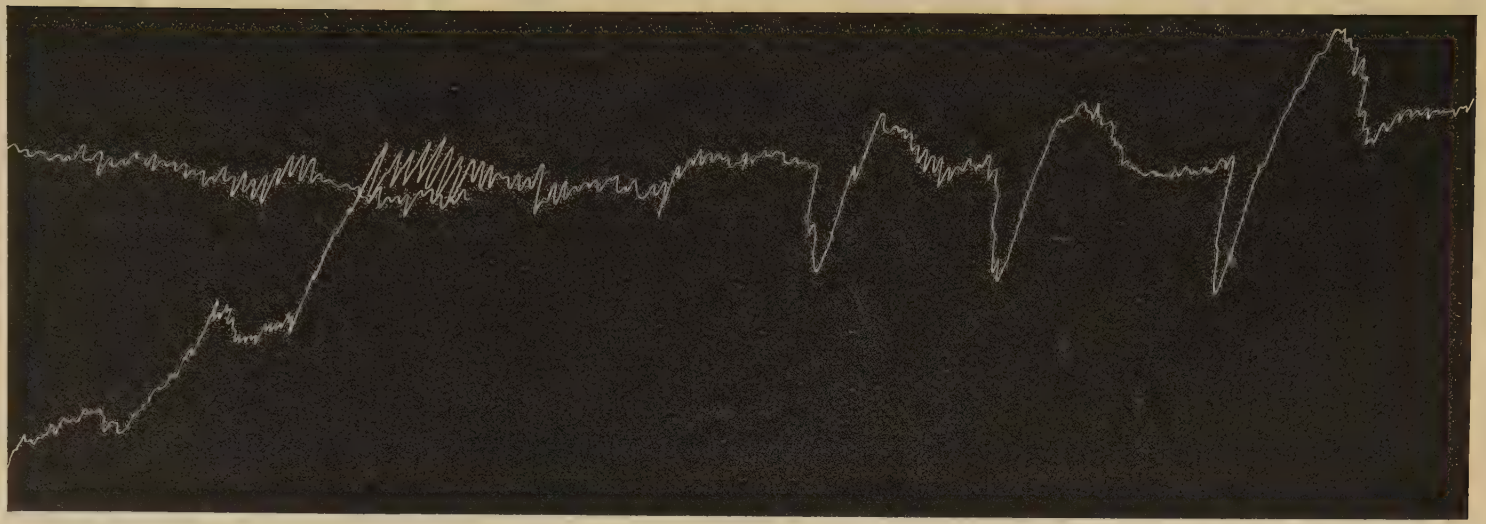
Die meteoristische Schlinge des Kaninchens zeigt spontan eine hochgradig gesteigerte Tätigkeit; sie beweist auch unter dem Einfluß verschiedener Reize eine vermehrte motorische Energie.

Bei einem anderen Tier wurde eine untere Ileumschlinge in der Kontinuität unterbunden, das Mesenterium am Ansatz durchstochen, die Gefäße wurden geschont. 4 Stunden später befand sich das orale Darmstück im Zustand geringer Stauung und Hyperämie.

An einer gefüllten, 30 cm vom Faden entfernten Schlinge finden wir lebhafte Pendelbewegungen, die Peristaltik ist nicht zu erkennen, der Serosareiz gibt eine starke, langdauernde Steigerung des Tonus und

der Schwingungen. Wird beim analen Fixationspunkt eine neue Ligatur angelegt, so antwortet der Versuchsdarm mit kurzer Erschlaffung und nachfolgendem sehr hohem Anstieg, der sich über mehrere Minuten hinzieht; die Erhebung wird in abgesetzten Perioden erreicht, hält sich eine Zeitlang und klingt ebenso wieder ab, die Pendelbewegungen werden kleiner, es besteht anscheinend eine Ermüdung, welche auch nach der nun erfolgten Lösung der Ligatur vorhält. Eine Verletzung des Peritoneums durch neue Laparotomie bringt die reflektorische Hemmung zustande (analog Kurve 3). Nun wird eine entfernte orale Schlinge zusammen mit dem Mesenterium stranguliert. Wir sehen die Bewegungen der eingespannten Schlinge sofort völlig erlöschen. Die Ruhe dauert etwa 10 Minuten lang an, dann zeigen sich wieder, fast ebenso rasch, gute Schwingungen; in dem abgeschnürten Darmstück spielt sich inzwischen eine sehr lebhafte Peristaltik ab. Dieser zweite Versuch zeigt die meteoristische Schlinge in einem Zustand, der mit den früheren Ergebnissen nicht übereinstimmt; wir begegnen einer ungewohnten Energie der Schwingungen und einer über längere Zeitspanne anhaltenden Reizwirkung. Zweifellos ist zur Erklärung dieser Erscheinung die Möglichkeit individueller Abweichungen einzelner Tiere heranzuziehen. Wir müssen aber auch berücksichtigen, daß beim zweiten Versuch die Schlinge vom Hindernis entfernt lag, daß die Stenose erst kürzere Zeit dauerte. Daß also die Schädigung noch nicht so weit gediehen war; dies zeigte sich auch in der Fortsetzung des Experimentes; nach Ligatur und Ablösung des Mesenteriums änderte sich plötzlich der bisherige Charakter der Bewegungen, man erkennt noch Schwingungen, aber das Kurvenbild wird beherrscht durch unregelmäßig aneinandergereihte hohe Zacken; im Präparat sehen wir gehäufte, sehr energische, rasch ablaufende und oft sich überholende Ringfurchen.

Dieser zweite Versuch dürfte in Berücksichtigung der übrigen Resultate wohl die Annahme rechtfertigen, daß beim Kaninchen in einem frühen Stadium des Meteorismus nach einer Okklusion die Pendelbewegungen noch nicht gestört sind, daß der Darm sich bereits im Zustand gesteigerter Erregbarkeit befindet und daß erst nach weiterer Schädigung die peristaltische Bewegung auf Kosten der Schwingungen in den Vordergrund tritt. Zugleich beweisen uns die Kurven, daß die Anregung zu starker Peristaltik in erster Linie auf lokale Ursachen zurückzuführen ist, deren Angriffspunkt wir in die Darmwandung selbst verlegen müssen. Das Zustandekommen intensiver und gehäufter peristaltischer Bewegungen ist keineswegs mit der Anforderung erhaltener Vagis verbunden, die Erscheinung zeigt sich ebensowohl bei der sonst intakten meteoristischen Schlinge, wie beim überlebenden Darmstück, und darf



NaCl-Infusion

Kurve 5. Ileus, Dünndarm des Affen. Intravenöse NaCl-Infusion bewirkt hohen Tonusanstieg, vermehrte Pendelbewegungen. An dem vorher bereits gelähmten Organe tritt wieder lebhafte Peristaltik auf.

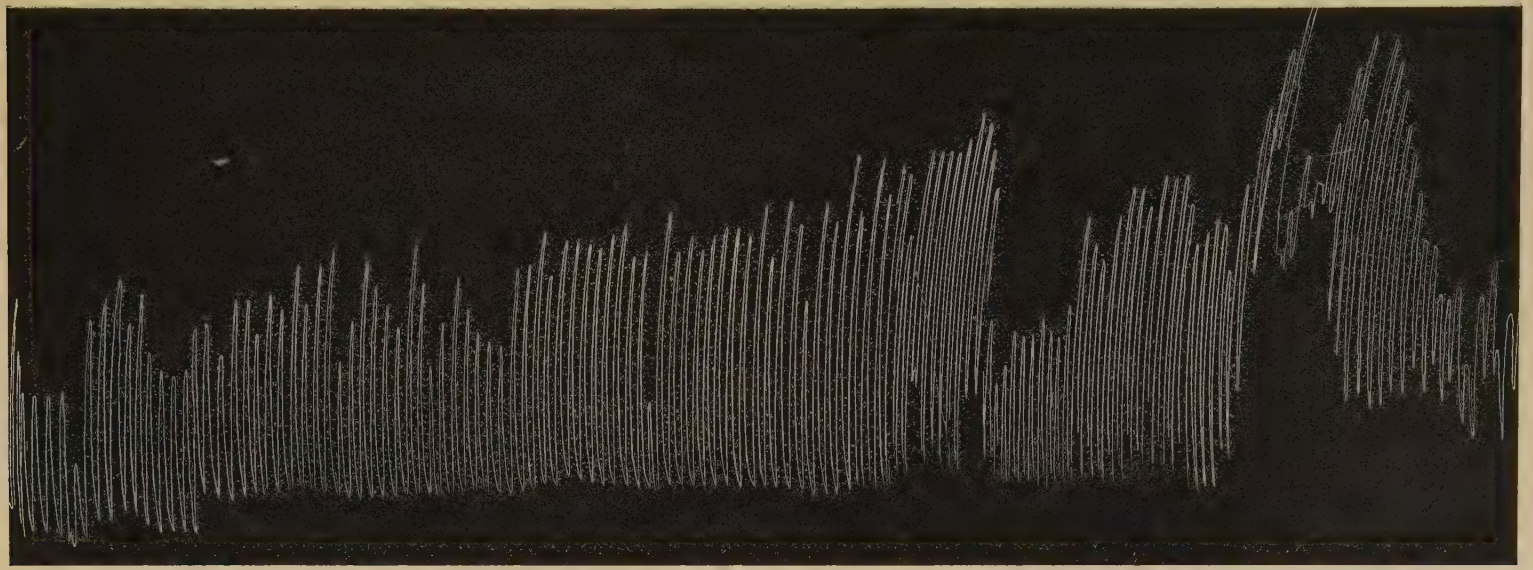
demnach als örtliche Reaktion der Darmwandung, vermutlich des Auerbachschen Plexus, aufgefaßt werden.

Der Dünndarm des Affen, ähnlich demjenigen des Hundes, zeigt im geblähten Zustand erhebliche Abweichungen gegenüber demjenigen des Kaninchens. Während die überlebende und die eventrierte normale Schlinge ordentliche Pendelbewegungen und Tonusschwankungen erkennen läßt, gelegentlich auch eine peristaltische Welle verzeichnet, ist bei starker Anfüllung mit Gasen und flüssigem Kot die spontane Tätigkeit und das Vermögen, auf künstliche Reize zu reagieren, stark herabgesetzt, wir finden nur langgestreckte flache Wellen, sehr spärliche, kaum angedeutete Schwingungen, keine Kontraktionen. Wählt man zum Versuche eine weiter oral vor dem Hindernis gelegene, noch stark, aber doch weniger geblähte Schlinge, so finden wir die Pendelbewegungen schwach erhalten, ein lokaler mechanischer Reiz zeigt eine ausgesprochene rapide Hemmung, mit nachfolgendem starken Tonusanstieg; die Schlinge kann durch eine nahe gelegene Oeffnung etwas Inhalt auspressen, nun setzt plötzlich eine energische, spontane Peristaltik ein, tiefe Ringfurchen entstehen im oralen Teil und laufen rasch abwärts. Die Bewegung beginnt mit einer Erschlaffung der eingespannten Partie, dann setzt während der Kontraktion ein rascher Anstieg ein, der das frühere Niveau weit übertrifft, auf der Höhe begegnen wir wieder den vorher unterdrückten Pendelbewegungen, die einen langsamen Abfall zur normalen Spannung vermitteln. Durch wenige, aber energische Kontraktionen wird ein erheblicher Teil des Inhaltes entleert, und nun tritt ein Ruhezustand auf, die Schlinge ist weniger gedehnt, zeigt aber kein Nachlassen der Spannung; neben mittelkräftigen Schwingungen finden wir die Tonusschwankungen im Sinne einer rudimentären Peristaltik noch angedeutet. Bei intravenöser Kochsalzinfusion steigt erst der Tonus stark an und kurz darauf werden abermals sehr kräftige peristaltische Reflexe ausgelöst, welche den eingeschlossenen Darminhalt energisch weiterbefördern, gleichzeitig treten von oralen Partien neue Mengen ein. Die NaCl-Infusion, die durch Vermehrung der Blutflüssigkeit bedingte Drucksteigerung bedeutet eine mächtige Anregung der Peristaltik (Hormon im Sinne Zuelzers), und die Wirkung zeigt sich beim Affen auch dann, wenn der Darm hochgradig gestaut ist und bereits die Reaktionsfähigkeit auf mechanische Reize verloren hat, gleichzeitig gewinnen übrigens auch die Pendelbewegungen an Ausschlag (Kurve 5). Beim Affen hatte ich nicht Gelegenheit, ein frühzeitiges Stadium des Meteorismus zu beobachten, welches eine primäre Steigerung der Schwingungen zeigt, analog der Erscheinung beim Kaninchen. Im ausgebildeten Zustand jedoch überwiegen auch hier die peristaltischen Kontraktionen. Wir treffen auch beim Affen den Hemmungsreflex, der von einer Läsion des Peritoneums oder des N. femoralis ausgeht.

3. Bewegungen des peritonitischen Darmes.

Die Untersuchungen über Peritonitis fordern eine genaue Unterscheidung nicht sowohl hinsichtlich Dauer und Ausdehnung des Krankheitsprozesses, als vielmehr nach dem Grade der Füllung der Darmschlingen. Leere Partien zeigen ein ganz anderes Verhalten gegenüber den gefüllten. Um einmal diesen Unterschied beider Stadien am gleichen Versuchtier festzustellen und um andererseits eine foudroyante Sepsis zu verhindern, wie sie nach intraperitonealer Injektion von virulenten Kulturen und Eiter sich häufig einstellt, habe ich die Peritonitis, ohne Rücksicht auf die Erreger, so herbeigeführt, daß ich eine Dünndarmschlinge mit dem Mesenterium en masse ligierte, peripher abschnitt und den Darm mit den offenen Mündungen versenkte, das abgetrennte Stück wurde mitgegeben, die Bauchwunde geschlossen. Nach 24 Stunden ist der Leib aufgetrieben, die Därme zeigen stark erweiterte lebhaft pulsierende Gefäße. Das Stück oral von der Ligatur ist mit dünnem Inhalt und Gasblasen stark gefüllt, die anale Partie liegt bandförmig platt, ist in den oberen Schlingen fast leer, gegen das Coecum hin nimmt der Inhalt zu. In der Bauchhöhle findet man trübe sanguinolente Flüssigkeit mit Flocken, zwischen den Darmschlingen liegen zum Teil adhärente Beläge von Fibrin, am stärksten auf der Ligaturstelle, doch breitet sich der Prozeß diffus über die ganzen Eingeweide aus.

a) Die leere peritonitische Schlinge zeigt gleich (Kurve 6) nach der Einstellung gute Pendelbewegungen von normaler Frequenz, hohen Ausschlägen, Tonusschwankungen treten nicht auf, peristaltische Kontraktionen oder Rollbewegungen werden im Wasserbad nicht sichtbar, solange keine weiteren erregenden Eingriffe vorgenommen werden. Eine Schwingung folgt peinlich regelmäßig auf die andere, nur in der Höhe der Zacken, finden wir ein periodenweises An- und Abschwellen. Die lokalen Reize, Pinseln der Serosa, Kompression der Schlinge geben eine kurze Hemmung und Senkung des Tonus mit nachfolgendem Anstieg, beides deutlich markiert, jedoch nur von flüchtigem Einfluß und nicht so prägnant, wie beim normalen Darm. Kompression des Mesenteriums ohne Hemmung des Blutzuflusses übt keine Wirkung aus, die Strangulation einer benachbarten, oralen oder analen Schlinge gibt keinen Effekt. Sobald jedoch die Mesenterialgefäße abgeschnürt werden, erhalten wir stürmische Rollbewegungen. Der Tonus steigt nach wenig Pendelschwingungen rapid an, wird mehrmals unterbrochen durch die in rascher Folge mächtig arbeitenden Schlingen; breite Ringe schieben sich anal vor, das Rohr bildet bald einen stricknadeldicken weißen Strang, bald ein schlaffes hyperämisches Band. Die lebhafte Aktion hält nur kurze Zeit an, unter großen Pendelbewegungen tritt dann der Abfall ein, die Peristaltik läßt wieder nach, es folgen unregelmäßige Pendelbewegungen mit vermindertem Ausschlag. Wird in die leere



Mech. Reiz Essigsäure Femoralis II. Lap. Perit. Perit. Aortenkompression Ligatur des Mesenteriums

Kurve 6. Bewegungen des leeren peritonitischen Darmes. Gute Schwingungen. Peristaltik fehlt. Auf mechanischen Serosareiz Zunahme der Pendelbewegungen. Die reflektorischen Hemmungen bei Verletzung des Peritoneums. Läsion des N. femoralis. Einatmen von Essigsäure fehlen prompter Tonusabfall bei Aortenkompression.

Schlinge indifferente physiologische NaCl-Lösung gebracht, so werden ebenfalls energische peristaltische Kontraktionen ausgelöst, eine Wirkung, die beim normalen Darm nicht entfernt so stark gefunden wurde. Niedrige Temperatur, 32° stellt die Bewegungen fast still, die Erwärmung auf 36—39° regt die Schwingungen zu starker Tätigkeit an, steigert auch die Frequenz. Wir konstatieren also bei peritonitischem leeren Dünndarm lebhafte spontane Tätigkeit, die sich in ausgiebigen Schwingungen äußert, die lokalen Reflexe üben nur geringen Einfluß aus. Füllung (= Dehnung?), Strangulation bedingt maximale Peristaltik, Veränderungen, die wir indessen als Steigerung der motorischen Tätigkeit auffassen dürfen und, wie ich glauben möchte, auf die Hyperämie zu beziehen haben. Eine Schädigung toxischer Natur, als Folge einer Resorption durch die Darmserosa, ist jedenfalls nicht zu konstatieren. Auffallend ist nun das Verhalten gegenüber den äußeren Reizen, welche reflektorisch durch den Splanchnicus an den Darm herantreten (vgl. Kurve 6). Beim Einatmen von Essigsäure, Kneifen des Femoralis, finden wir entweder gar keine oder nur eine kaum angedeutete Hemmung, jedenfalls keine Unterbrechung der Pendelbewegungen, keinen Tonusabfall, wie dies beim intakten Darm ausnahmslos der Fall ist. Eine zweite Laparotomie durch Haut und Muskeln bleibt ohne Einfluß; erst bei der Peritonealverletzung fällt nur die eine nächste Schwingung kleiner aus als die vorhergehenden und nachfolgenden, die Kurve behält ihren homogenen Charakter bei. Dieses auffallende Versagen der äußeren Reflexe findet sich immer beim Zustand der ausgebildeten Peritonitis, bei starker Gefäßerweiterung, nicht im Anfangsstadium. Es liegt nun nahe, die Erklärung dieser Tatsache in einer Alteration des Gefäßtonus zu suchen, indem wir annehmen, daß die Resorption der Toxine zu einer Lähmung der Vasokonstriktoren geführt hat, zu einer Erschlaffung, welche auf reflektorischem Wege durch Reizung der Splanchnici nicht mehr beeinflußt wird. Die Kurve gleicht in ihrem ruhigen Verlaufe auffallend den Bildern, die wir nach Durchtrennung der Nn. splanchnici erhalten. Kompression des Thorax bleibt ohne Einfluß, dagegen bedingt ein Druck auf die Aorta einen deutlichen Abfall. — Das hier geschilderte typische Verhalten zeigt sich nur bei der ausgebreiteten Peritonitis. In der ersten Zeit, z. B. nach 6 Stunden, finden wir eine gesteigerte Darmtätigkeit, bei welcher Tonusschwankungen mit dem Uebergang in stärkste peristaltische Kontraktionen vorherrschen, die Hemmung nach dem Einatmen von Essigsäure ist bereits abgeschwächt, bei der Verletzung des Peritoneums sistiert die Bewegung, fällt der Tonus sehr stark, während der Kompression des Thorax steigt er an. Wir sehen am Organ bereits eine Gefäßerweiterung, doch besteht noch

keine Vasomotorenlähmung. Im abführenden Darm findet sich noch viel dünnflüssiger Inhalt, welcher erst fortgeschafft wird und zunächst noch lebhafte Peristaltik anregt.

b) Die gestaute peritonitische Schlinge entwickelt eine ganz andersartige Tätigkeit. Hier tritt der Zustand des Meteorismus und Ileus in den Vordergrund. Der Darm ist durch die Füllung stark gespannt, die Schwingungen erscheinen unregelmäßig und klein; wir sehen am Organ, solange es nicht stark geschädigt ist, intensive peristaltische, analwärts fortschreitende Ringfurchen, welche in der Kurve durch langsam ablaufende hohe Erhebungen aufgezeichnet werden, analog der Erscheinung beim einfach meteoristischen Darm (Kurve 4). Die Darmsteifung, mit Hin- und Herschieben des Inhalts wird eine Zeitlang beobachtet, bei zunehmend starker Füllung und längerer Dauer des Versuchs wird die Schlinge rasch geschädigt, auch nach der Entleerung erholt sie sich erst nach Stunden. Schwingungen fehlen, auf lokale Reize setzen peristaltische Kontraktionen ein, die äußeren Reflexe, auf Essigsäure, Peritonealverletzung kommen nicht zur Geltung. Die Unterbrechung der Blutzirkulation führt zu einem raschen Absterben des Organes. Ein Unterschied zwischen einfachem Ileus und seiner Kombination mit Peritonitis ist nicht zu erkennen. In beiden Fällen tritt eine Steigerung der Peristaltik ein, welche erst zuletzt erlahmt, während die Schwingungen viel früher ausbleiben, die Peritonitis bildet nur eine bedeutungslose Zugabe. Der Kaninchendarm wird durch die Stauung des Inhalts viel mehr geschädigt, als durch die äußere Entzündung.

C. Bewegungen des normalen Dünndarms nach Resektion der Nn. vagi und splanchnici.

Weisen uns schon die bisherigen Ergebnisse unserer Versuche bestimmt darauf hin, daß wir das „Bewegungszentrum“ für den Dünndarm in die einzelne Schlinge resp. in den Auerbachschen Plexus verlegen müssen, daß ferner Aenderungen der normalen Motilität sowohl im Sinne einer Steigerung als einer Hemmung auf eine lokale Schädigung in der Versuchsschlinge selbst zurückzuführen sind, so ließ sich doch erwarten, daß die Ausschaltung der großen Verbindungsbahnen dieser peripheren Ganglien mit dem Zentralnervensystem, die Durchtrennung der Nn. vagi und splanchnici weitere Anhaltspunkte liefern könnte, welche es ermöglichen, diese äußeren Reflexe sicherer von den lokalen Störungen zu trennen. Wegen der lebhafteren Darmtätigkeit scheinen mir Kaninchen besonders geeignet zu diesen Versuchen.

a) Die Resektion der Splanchnici (siehe Fig. 2 u. 3) ist nicht schwierig auszuführen, sobald man sich einmal über die Anatomie gut orientiert hat. Mehrfache Abbildungen bei Buerger und Churchmann, Baum, Ellenberger, Roth und anderen, sind teilweise so

wenig übersichtlich, teilweise so schematisch gehalten, daß eine Orientierung am Tier nicht ohne weiteres möglich erscheint. Es sollen der Arbeit deshalb 2 Figuren beigegeben werden, welche mein Kollege, Herr Dr. Joh. Ernst Schmidt, nach Situspräparaten gezeichnet und mir in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt hat. Für seine bereitwillige Hilfe spreche ich ihm meinen verbindlichsten Dank aus. Die beiderseitigen Splanchnici werden zugänglich durch eine mediane Laparotomie. Man läßt die Tiere 24 Stunden hungern und bedient sich

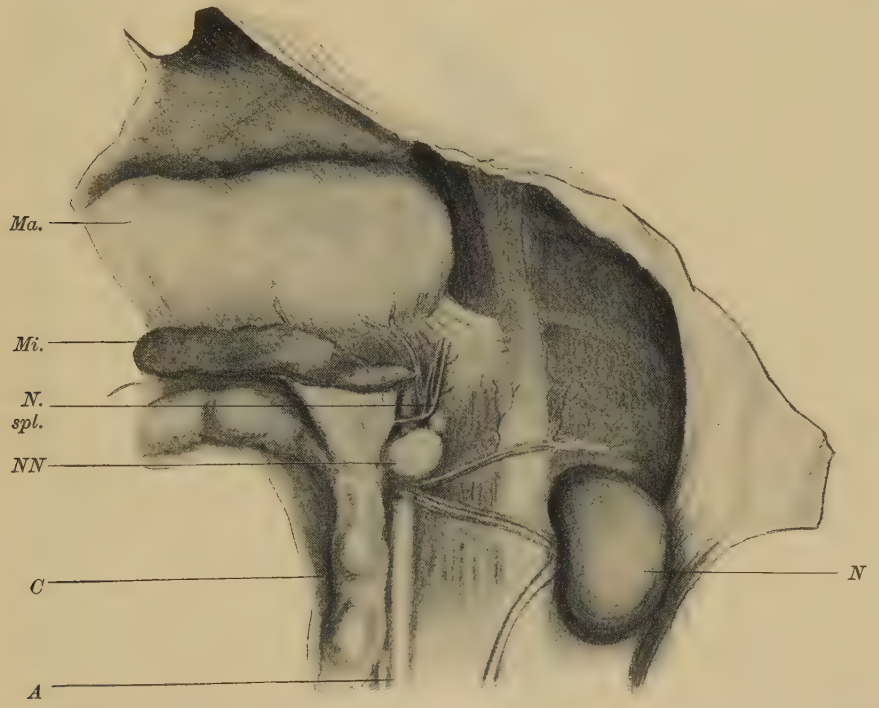


Fig. 2. Verlauf des linken Nervus planchnicus (*N. spl.*). Magen (*Ma.*), Milz (*Mi.*), Colon (*C*), Aorta (*A*) stark nach rechts gezogen. Niere (*N*) links. Der Nerv tritt durch die nach rechts gezogenen Zwerchfellpfeiler bis zur Nebenniere (*NN*), verläuft oberhalb derselben quer über die Aorta.

mit Nutzen eines Stirnreflektors zur Beleuchtung des tiefgelegenen Operationsfeldes.

Die linken Splanchnicusäste werden sichtbar, indem man die Därme, in warme Tücher verpackt, nach rechts eventriert, den linken Leberlappen drückt ein Assistent unter einem Gazebausch stark in die linke Zwerchfellkuppe hinauf und zieht zugleich den linken Wundrand nach außen.

Man orientiert sich zunächst an der linken Niere. Median oberhalb derselben findet man links von der Wirbelsäule die Nebenniere. Man drückt nun mit der linken Hand die Niere nach unten, zieht Neben-

niere, Magen, Milz und Aorta auf die rechte Seite der Wirbelsäule und hält zugleich die Därme zurück. So gelingt es, das Feld zwischen Niere, Nebenniere, Leber, Zwerchfell und Magen breit auszuspannen. Die Splanchnicusäste verlaufen zwischen den Zwerchfellpfeilern, werden nach ihrem Durchtritt dicht über der linken Nebenniere unter dem Peritoneum sichtbar und sind mit einer Pinzette aufzuheben, sobald man das Bauchfell dicht oberhalb der Nebenniere in Ausdehnung von 2 cm nach oben spaltet; die beiden grauen Nervenstämme liegen hier

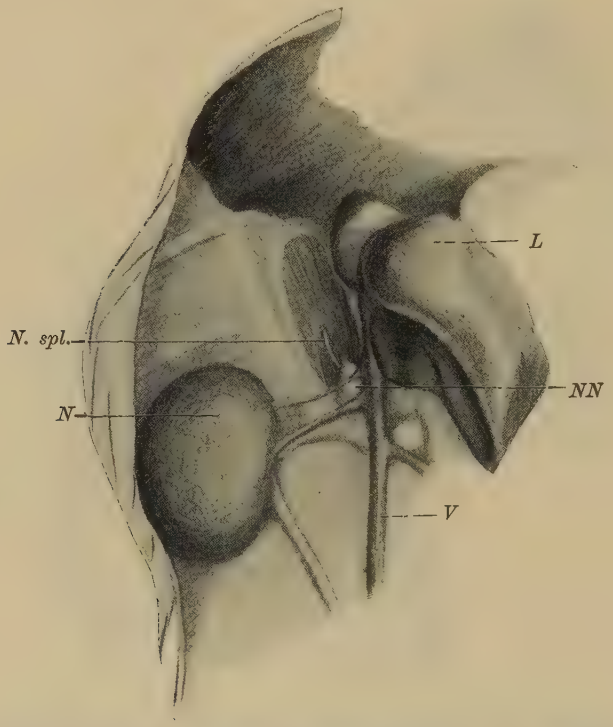


Fig. 3. Verlauf des rechten Nervus splanchnicus (*N. spl.*). Leber (*L*), Nebenniere (*NN*) und Vena cava (*V*) stark nach links gezogen. Niere (*N*) nach rechts verdrängt. Nach Spaltung des dorsalen Peritoneums findet man den Nerven oberhalb der Nebenniere. Er tritt dann unter die Cava.

neben einer aufsteigenden kleinen Vene, deren Verletzung besser vermieden wird. Häufig findet man einen deutlichen Verbindungszweig zwischen beiden Hauptästen. Der vereinigte Stamm zieht quer über Nebenniere und Aorta hinweg zum Ganglion coeliacum, eine feine Faser geht zur Nebenniere selbst ab und endet in einem kleinen Ganglion am äußeren Pol der Nebenniere. Die beiden Aeste werden vorgezogen und durchgerissen; man beobachtet dabei stets eine lebhafte Zuckung selbst des tiefnarkotisierten Tieres, ein Beweis dafür, daß der Eingriff gelungen ist. Die hintere Peritonealverletzung verlangt keine weitere

Versorgung, eine Blutung tritt bei zartem Vorgehen nicht auf. Man bringt die Organe wieder in ihre natürliche Lage.

Um die rechten Splanchnicusäste aufzusuchen, legt man das Darmpacket nach links, orientiert sich zunächst an der rechten Niere, man zieht sie nach außen ab, durchtrennt ein zartes Band zwischen ihrem oberen Pol und dem unteren rechten Leberlappen und legt so das Feld zwischen Niere und V. cava frei. Die Leber wird mit einem Tupfer nach oben gehalten, rechts im Winkel von V. cava und V. renalis liegt die erbsengroße gelbe Nebenniere. Nun wird die Cava stark über die Wirbelsäule nach links verzogen, das dorsale Peritoneum senkrecht über der Nebenniere gespalten, die Zwerchfellschenkel stumpf auseinandergelegt, zwischen ihnen erscheint nun der meist einfache rechte Splanchnicusstamm, seltener findet man zwei noch getrennte graue Fäden. Er liegt stets tiefer zwischen den Muskeln verborgen als links und wird erst nach Abdrängen der V. cava sichtbar. Am oberen Rand der Nebenniere biegt der Nerv um und zieht, kaum sichtbar, zum Ganglion coeliacum. Durch Zug wird der Nerv unter typischer Schmerzäußerung durchtrennt. Die rechtsseitige Exstirpation ist stets schwieriger als die linke; ein kleines aufsteigendes Gefäß kann nur mit Mühe intakt erhalten werden. Die Operation berücksichtigt nicht die kleinen Verbindungsäste, welche von den Lumbalganglien aus mit den großen Stämmen anastomosieren, doch scheint nach unseren Versuchen am Dünndarm die ausgleichende Wirkung dieser Kollateralen nicht von erheblicher Bedeutung. Die Operation wird bei geübter rascher Ausführung von den Tieren regelmäßig gut ertragen. Aseptische Kautelen, schonende Behandlung des Darmes ist Voraussetzung; eine Narkose ist nicht absolut erforderlich, 0,03 g Morphium genügen, um die Kaninchen ruhig zu halten. Gelingt es nicht, den rechten Stamm aufzufinden, so gibt die einseitige Exstirpation kein deutlich abweichendes Resultat vom normalen Tier. Bei doppelseitiger Durchtrennung zeigt sich in den ersten Tagen verminderte Freßlust, oft dünner Stuhl, in der Folgezeit sind aber keine nachhaltigen Störungen zu verzeichnen, die Tiere erholen sich rasch, nehmen an Gewicht zu und sind über mehr als 3 Monate bei Gesundheit erhalten worden. Auffallend erschien mir dagegen eine stark geschwächte Widerstandsfähigkeit gegen sekundäre Eingriffe am Darm. Nach einer zweiten Laparotomie mit Unterbindung, Strangulation oder Durchtrennung einer Schlinge gehen die Tiere nach wenigen Stunden zugrunde. Die Därme sind nach Splanchnicusresektion für kurze Zeit gehemmt, nach 5—15 Minuten setzen wieder gute Pendelbewegungen ein, die Hyperämie ist oft sehr deutlich, oft aber wenig hervortretend, zum Teil gewiß auch durch die Eventration der Därme allein bedingt.

b) Die Resektion der abdominalen Vagusäste gestaltet sich beim Kaninchen einfach. Nach hoher medianer Laparotomie zieht

man den Magen möglichst weit vor, verfolgt den Oesophagus bis zum Zwerchfell. Der rechte Ast spannt sich dann in einer Serosafalte an, wird durchtrennt, man zieht die Serosa nun beiderseits ab, in der hinteren Falte verläuft der linke Ast, das ganze Bündel wird durchschnitten. Eine Schmerzäußerung habe ich nie gesehen, dagegen regelmäßig eine langdauernde, oft wiederholte krampfhafte Kontraktion der kleinen Magenkurvatur.

I. Versuche an Tieren mit durchtrennten Splanchnicis.

Nach dem Eingriff beobachtet man regelmäßig eine starke Hyperämie der Därme, Pendelbewegungen stehen für kurze Zeit still, sind aber bereits nach 10 Minuten wieder rege, ebenso peristaltische Kontraktionen. Wird nach 4—6 Tagen oder erst nach Monaten das Abdomen wiederum geöffnet, so erscheint die Blutzirkulation normal. Meines Erachtens sind Angaben, welche die Hyperämie nach Splanchnicotomie allein diesem Eingriff zuschreiben, nicht ohne weiteres gerechtfertigt. Jede größere Operation in der Bauchhöhle hat hier eine Blutstauung zur Folge und das Aufsuchen der Splanchnici erfordert stets eine weitgehende Verlagerung der Eingeweide, bedingt zum mindesten Druck auf die großen Gefäße und einen starken Insult des Peritoneums. Die Kurven zeigen nun eine große Uebereinstimmung, gleichgültig, ob die Untersuchung sofort an den Eingriff angeschlossen wurde, oder ob die Tiere erst nach einigen Tagen oder Monaten verwendet wurden. In allen Fällen zeichnet sich die Bewegung wenig gefüllter Schlingen durch eine vom normalen Bild abweichende große Gleichmäßigkeit aus (Kurve 7). Die Schwingungen folgen sich in strengem Rhythmus, sie differieren kaum in der Höhe ihres Ausschlages und sind nicht von Tonusschwankungen begleitet, solange kein absichtlicher oder zufälliger Reiz auf sie ausgeübt wird, die Kurve gewinnt so einen bestimmten Charakter, der sie leicht von den übrigen Versuchen unterscheidet, peristaltische Kontraktionen werden im Wasserbad nicht beobachtet. Gleichwohl gelingt es, diese Einförmigkeit zu stören, sobald der Darm lokal gereizt wird. Streichen der Serosa, Kneifen der eingespannten Schlinge führt zu dem gewohnten Anstieg des Tonus mit Verstärkung der Pendelbewegungen. Füllung mit physiologischer NaCl-Lösung erzeugt unter vermehrter Spannung kräftige peristaltische Ringe. Beim Erkalten des Mediums flaut die Tätigkeit stark ab. Frequenz und Energie der Schwingungen werden reduziert, beim Erwärmen lebt der Darm wieder auf. Eine Kompression des Mesenteriums ist ohne Einfluß, solange die Blutversorgung nicht gefährdet wird, die Strangulation wird mit einem sehr energischen Anstieg, mit vermehrter Amplitude beantwortet. Der sonst unveränderte Darm verhält sich also den örtlichen Einflüssen gegenüber wie ein normales Organ, dagegen ist die Ein-

wirkung der äußeren Reflexe unterbrochen. Wenn wir eine zweite Laparotomie ausführen, Haut, Muskeln und Peritoneum durchtrennen, so reagiert das Tier wohl auf den schmerzhaften Schnitt, der Gang unserer Kurve bleibt aber unverändert. Der Tonusabfall, die Unterdrückung der Pendelbewegungen, welche sonst regelmäßig eintritt, ist nicht festzustellen. Wir können andere Darmschlingen vorziehen, abbinden, reponieren, Magen, Colon oder Peritoneum quetschen, den Nervus femoralis verletzen, die Testikel klemmen, ein Effekt ist nicht zu beobachten; das Einatmen von Essigsäure, das Zuhalten von Nasen und Mund ändert an der Bewegung nichts, dagegen erfolgt ein prompter

Kurve 7. Dünndarmbewegungen nach doppelseitiger Splanchniotomie (Kaninchen, wenig gefüllter Darm). Gleichartige Schwingungen ohne Peristaltik. Lokaler mechanischer Reiz gibt Tonusanstieg. Die reflektorischen Hemmungen fehlen.

Abfall, wenn wir die Aorta abdominalis komprimieren (analog wie in Kurve 6). Eine direkte Hemmung der Blutzirkulation findet also ihren deutlichen Ausdruck, während die auf der Bahn der Splanchnici geleitete reflektorische Druckschwankung bei Reizen, die von der Peripherie oder vom Peritoneum ausgehen, nicht mehr zur Geltung kommen. In diesen beiden Punkten begegnen wir also einer sehr vollkommenen Kongruenz zwischen den Kurven beim leeren peritonitischen Darm im Zustand der Gefäßlähmung und beim sonst unveränderten Organ nach beiderseitiger Durchtrennung der Splanchnici (vergl. Kurve 6 und 7). Hier eine künstliche Unterbrechung der Vasomotorenbahn, dort eine vermutlich

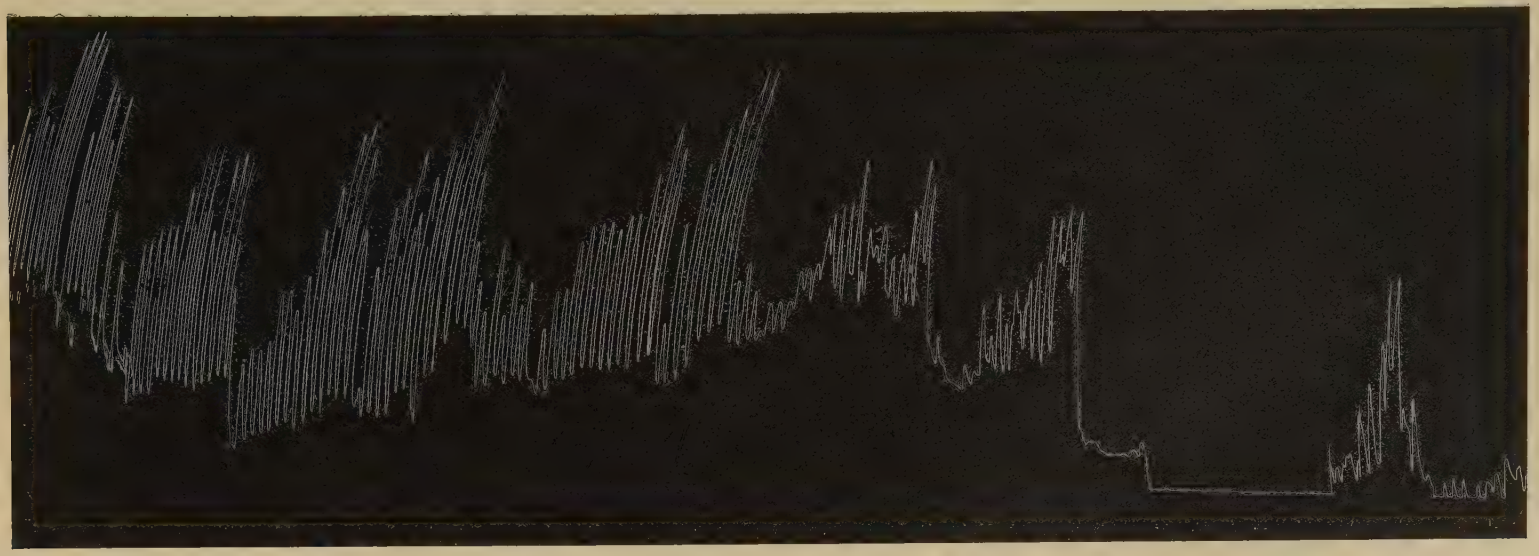
toxische Schädigung im lokalen Stromgebiet. Eine Hemmung der Motilität ist bei den Tieren mit resezierten Splanchnicis nicht zu beobachten. Spontane Bewegungen und die Effekte nach Applikation lokaler Reize weisen auf ein wohlerhaltenes und funktionstüchtiges Organ hin, wie denn auch tatsächlich der Eingriff nach Monaten keine Ernährungsstörungen im Gefolge hat. Wir vermissen nur die sonst häufigen und oft unbegreiflichen plötzlichen Schwankungen im Typus der Kurve. Ein Teil derselben ließ sich erklären und nach bestimmten äußeren Reizen mit Sicherheit experimentell erzeugen; ein anderer Teil kann zunächst in seiner Entstehung nicht näher verfolgt werden, wir dürfen aber annehmen, daß ähnliche Ursachen zugrunde liegen, deren mannigfaltige Möglichkeit nur angedeutet werden soll. Alle diese Reize gelangen auf der Bahn der Splanchnici zum Dünndarm und bedingen hier eine vermehrte oder verminderte Energie der Bewegungsformen beider Art, der Pendelbewegungen sowie der Tonusschwankungen oder Peristaltik, welche wir nach unserer früheren Darstellung als einheitliche Erscheinung auffassen. Wir beobachten eine Steigerung oder Hemmung, ersteres beim Streichen des Felles, bei der Erstickung, letzteres bei Eingriffen, die mit Schmerzempfindung vergesellschaftet sind. Wir sehen also im Splanchnicus zweierlei Impulse in einer Bahn vereinigt, doch ist diese scheinbare Bestätigung der alten Angaben von Ehrmann und Courtade, daß im Splanchnicus Fasern von entgegengesetzter Wirkung verlaufen sollten, insofern unzutreffend, als wir nicht eine direkte Erregungsleitung nach dem Muskel anerkennen können, sondern Veränderungen in der Blutzirkulation als die eigentliche Ursache einer Zu- oder Abnahme der Bewegung ansprechen. Diese Ansicht wird gestützt durch die Tatsache, daß nach Durchschneidung der Splanchnici ein Druck auf die Aorta eine Hemmung mit sich führt, während bei venöser Stauung die Bewegung zunimmt, ferner dadurch, daß nach Lähmung der Darmgefäße im Gefolge der Peritonitis, auch bei intakten Splanchnicis, eine künstliche Hemmung durch äußere Reize nicht mehr zu erzielen ist.

II. Versuche nach Durchtrennung beider Vagi

führten zu einem der vorigen Gruppe in mancher Hinsicht diametral entgegengesetzten Resultat. Die Motilität ist nach aseptisch gelungener Operation nicht gestört. Auch vagotomierte Tiere konnten über Monate gesund erhalten werden und zeigten in Nahrungsaufnahme und Verdauung nichts Abnormes. Nach Durchtrennung der Vagi nimmt der Darm seine Bewegungen bald wieder auf. Wird nach einigen Tagen oder Wochen wieder laparotomiert, so findet man die anfängliche Hyperämie verschwunden und erkennt eine normale Füllung der Schlingen. Die

Kurven zeigen einige Tage nach der Operation ein auffallend abwechslungsreiches Bild. Wir finden ausgiebige Schwingungen von guter Frequenz und sehr wechselnder Höhe, ausgesprochene Tonusschwankungen, am wenig gefüllten Darm treten selten peristaltische Kontraktionen auf, bei Stauung des Inhaltes werden sie häufiger. Der rege Wechsel in den Intensitätsgraden der Bewegung bildet einen hervortretenden Unterschied gegenüber den Aufzeichnungen splanchnicotomierter Tiere, bei welchen wir im Gegensatz hierzu einen sehr gleichmäßigen Ablauf der Schwingungen festgestellt haben. Auf lokale Reize, Streichen der Serosa, Kompression des Darmstückes antwortet das Organ mit kurzer vorausgehender Erschlaffung, starkem, raschem Anstieg des Tonus und verstärkten Schwingungen, im ganzen noch präziser als ein ganz normales Tier. Ein Serosareiz bewirkt oft eine ungewöhnlich starke Belebung der Pendelbewegungen von anhaltender Dauer, auch das Kneifen des Darmes treibt den Tonus für längere Zeit in die Höhe, viel kräftiger, wenn der Reiz in der analen Fortsetzung der Schlinge ausgeübt wird, als im proximalen Schenkel. Die Abkühlung führt zu einer ausgesprochenen Depression, die Erwärmung zu starkem Anstieg. Auf Kompression des Mesenteriums folgt nach kurzer Hemmung eine lebhafte Tätigkeit. Viel auffallender jedoch als diese Bewegungszunahme ist die prompte Reaktion der äußeren Reflexe, speziell der Hemmungswirkung. Nach der Durchtrennung der Vagi tritt der Splanchnicuseinfluß besonders deutlich hervor. Läßt man Essigsäure einatmen, so finden wir sofort tiefen Abfall des Tonus, die Schwingungen werden für kurze Zeit fast völlig unterdrückt. Eine Berührung des Tieres an beliebiger Stelle bedingt stets einen Sturz der Kurve. Streichen des Felles, der Cornea, Kneifen der Haut, des N. femoralis, das Anfassen bei der Thoraxkompression ergibt stets einen Ausfall von Bewegung, welcher proportional geht mit der Intensität des Reizes. Beim Anlegen einer zweiten Laparotomie, im besonderen nach der Verletzung des Peritoneums, erhalten wir einen Stillstand der Darmtätigkeit, welcher über längere Zeit anhält und mit einer hochgradigen Erschlaffung der Spannung verbunden ist (Kurve 8). Später setzen spontan erst schwache, dann rasch kräftigere Schwingungen ein, welche oft noch zu einer gesteigerten Tätigkeit führen. Das Verschließen von Nase und Mund erzeugt langsamen Abfall, ein kräftiger Druck auf den Thorax vorübergehenden Anstieg. Kompression der Aorta, bis der Puls in der vorgelagerten Schlinge nicht mehr sichtbar ist, hält die Bewegung still.

Wir treffen also nach der Vagotomie keinerlei Ausfallserscheinungen in den Bewegungen des Dünn-



Kurve 8. Bewegung des leeren Dünndarmes nach doppelseitiger Vagotomie. Gute Schwingungen. Tonusschwankungen. Die reflektorische Hemmung durch äußere Reize ist sehr ausgeprägt.

darmes, die spontane Tätigkeit erhält sich lebhaft, lokale und äußere Reflexe erweisen sich eher kräftiger als beim normalen Tier, vor allem zeigt sich sehr deutlich die Hemmungswirkung der intakten Splanchnici.

III. Kombinierte Resektion der Nn. vagi und splanchnici.

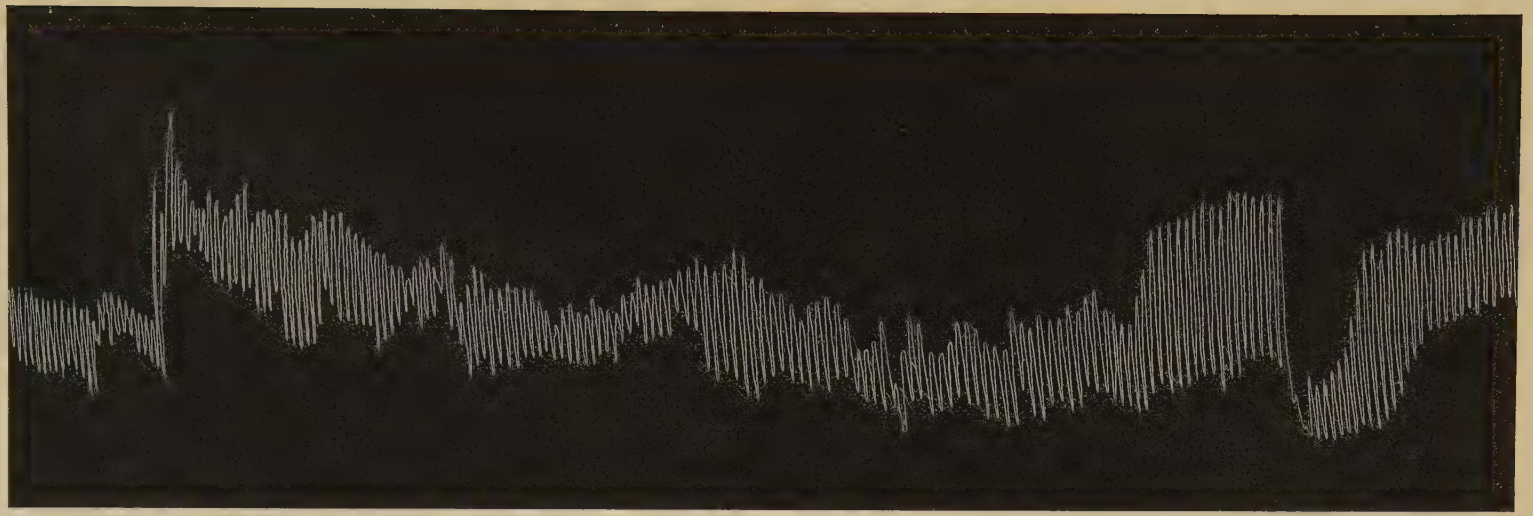
Ich habe die Versuche weiter ausgedehnt und die Resektion beider Vagi mit der Durchtrennung des linken oder rechten Splanchnicus allein verbunden. Das Resultat zeigt keinen Unterschied gegenüber den Kurven mit zwei intakten Splanchnicis, es zeigt sich, daß der eine erhaltene Stamm zur Reflexleitung genügt. Bei leichten Reizen ist die Hemmung wohl etwas abgeschwächt, immerhin deutlich, nach Verletzung des Peritoneums finden wir jedoch den typischen Bewegungsstillstand. Schließlich wurden bei einem Tier beide Vagi und beide Splanchnici durchschnitten. 6 Stunden später zeigte der Darm eine etwas mehr als gewöhnlich gefüllte Schlinge, lebhafte Pendelbewegungen, gute lokale Reaktion. Senkung und Anstieg beim Pinseln, sehr starke Kontraktion und typische, lebhafte, peristaltische Bewegungen nach kräftigem Kneifen. Die Hemmungen sind jedoch nicht zu erzielen. Die Kurve unterscheidet sich nicht von denjenigen, die wir nach Durchtrennung beider Splanchnicis allein aufgezeichnet bekamen, es kommt allein die Ausschaltung des Splanchnicuseinflusses zur Geltung. Ein anderes Tier, bei welchem in gleicher Weise alle 4 Nervenstämme reseziert worden waren, überlebte den Eingriff 4 Wochen lang bei gutem Wohlbefinden, Gewichtszunahme und außer in den ersten Tagen ungestörter Verdauung. Durch einen unglücklichen Zufall ging das Tier leider zugrunde, bevor die Darmbewegung registriert wurde. Jedenfalls darf man annehmen, daß die Kaninchen eine doppelseitige Exstirpation beider Nerven ohne dauernde Schädigung überstehen können.

D. Peritonitis und Meteorismus nach Resektion von Vagus und Splanchnicus.

Eine gelungene doppelseitige Splanchnicotomie beeinflußt die spontane Bewegung des sonst normalen Darmes nicht in merklicher Weise. Die Reaktion auf lokale Reize bleibt erhalten, dagegen fehlen alle Hemmungen, die auf reflektorischem Wege den Tonus und die Schwingungen herabsetzen. Ganz gleich verhält sich nach unseren Untersuchungen eine leere peritonitische Schlinge im Stadium der Gefäßlähmung. Wird beim Kaninchen nach vorher ausgeführter Resektion der Splanchnici eine Peritonitis absichtlich erzeugt, so zeigt der leere Darm keine weitere Alteration, die lokale Reizbarkeit ist erhalten, wie bei der einfachen Peritonitis, die äußeren Hemmungen sind nicht zu beobachten.

Bei Blutstauung steigt der Tonus, die Anämie führt zu einer Senkung. Die Kombination von Peritonitis und Splanchnicotomie zeigt einzig den gleichwertigen typischen Effekt der beiden experimentellen Komponenten. Beim Meteorismus finden wir eine Schädigung der Schwingungen, dafür ein starkes Hervortreten der Peristaltik, die sich durch lokale Reize leicht auslösen läßt. Nach Läsion des Peritoneums oder Einatmen von Essigsäure fehlt die Inhibition ebensowohl wie bei der leeren Schlinge. Die Resultate dieser Versuchsanordnung erweisen sich somit als eine weitere Bestätigung der früher mitgeteilten Befunde. Als weitere Beobachtung möchte ich nur hervorheben, daß sich die Tiere nach der Splanchnicotomie sehr wenig widerstandsfähig erweisen gegen einen nachfolgenden Eingriff in der Bauchhöhle; sie erliegen einer Strangulation oder einer absichtlich hervorgerufenen Peritonitis viel leichter als gesunde Tiere, oder solche, die eine Vagotomie überstanden haben, und zwar ist es gleichgültig, ob das zweite Experiment sogleich oder erst nach einigen Tagen angeschlossen wird, oder ob man Wochen vergehen läßt, bis die Kaninchen sich allem Anschein nach längst völlig erholt haben. Nach der peritonealen Infektion setzt rasch ein tödlicher Kollaps ein, während der Darm selbst noch gute Bewegung zeigt. So habe ich 3 über mehrere Wochen erhaltene Tiere 5—8 Stunden nach der Durchtrennung des Darmes verloren. Die Entzündung hatte in jedem Falle nur wenig Exsudat und spärliche Fibrinauflagerung erzeugt.

Nach Resektion der Vagi zeigt der Darm im normalen Zustand die reflektorischen Hemmungen sehr deutlich, selbst durch Berührung der Cornea wird die Energie der Pendelbewegungen für kurze Zeit vermindert, und von anderen sensiblen Nerven aus läßt sich leicht ein völliger Stillstand der Darmtätigkeit erzielen (vgl. Kurve 8). Diese stark empfindlichen Reflexe werden im Verlauf der Peritonitis wesentlich beeinträchtigt (Kurve 9). Diese Erfahrung gilt nur für die leere Schlinge. Anfangs sehen wir trotz bereits deutlich ausgeprägten entzündlichen Erscheinungen, Hyperämie und Exsudat nach Einatmen von Essigsäure oder bei der Ausführung einer neuen Laparotomie eine prompte Hemmung. In späteren Stadien, mit zunehmender Gefäßlähmung, nimmt jedoch die Empfindlichkeit ab. Berührung der Cornea, Kneifen der Haut, der Testikel, des Femoralis, zeigt schon eine geringe Hemmung in der Höhe der nächstfolgenden Schwingungen, während zunächst stärkere Reize, Einatmen von Essigsäure, Verletzung des Peritoneums noch einen unverminderten Ausfall erkennen lassen; mit der weiteren Entwickelung der Peritonitis tritt der Einfluß dieser Reflexe immer mehr zurück, der Charakter der Kurve wandelt sich in das Bild, das wir bei der Peritonitis der leeren Darmschlinge gewonnen haben. Die Schwingungen sind ausgiebig, sehr gleichmäßig, Tonusschwankungen treten spontan nicht auf, doch behält das Organ seine lokale Reizbarkeit. Diese Gleichmäßigkeit wird bedingt durch die Aus-



Kurve 9. Doppelseitige Vagotomie. Bewegung des leeren Dünndarmes im Zustande der ausgebildeten Peritonitis. Auf Serosareiz Tonusanstieg. Die reflektorischen äußeren Hemmungen sind unterdrückt. Aortenkompression stellt die Bewegung still.

schaltung der reflektorischen Hemmungen. Diesen Zustand fanden wir einmal bei völliger Lähmung der Vasomotoren im Darmgebiet nach Entzündung und dann beim intakten Darm, wenn die Splanchnici durchtrennt werden. Eine weitere Bestätigung unserer Untersuchungen liegt nun eben darin, daß die wechselreiche Bewegung nach der Vagotomie im Verlauf einer Peritonitis einen gleichförmigen Gang annimmt. Der Einfluß des Splanchnicus wird schließlich völlig unterdrückt und, was die Darmbewegung anbelangt, ist der Effekt gleichwertig demjenigen bei der Splanchnicusresektion. Wir finden somit eine Uebereinstimmung der Kurven unter verschiedenen experimentellen Bedingungen, bei der Splanchnicotomie, bei der Peritonitis im Zustand der Vasomotorenlähmung, bei der Kombination von Vagus- und Splanchnicusresektion, und bei der Vagotomie, wenn sich sekundär eine Peritonitis entwickelt (vgl. Kurve 6, 7, 9). In allen Fällen ist das Wesentliche die Unterbrechung der Splanchnicusbahn, ob dies operativ geschieht oder durch toxische Wirkung im Verlauf einer Peritonitis, ist gleichgültig. Der leere Darm zeigt im Zustand der Peritonitis keine Schädigung der lokalen Nervenzentren oder der Muskulatur; ein motorischer Einfluß des Vagus läßt sich nicht feststellen, auf dem Wege des Splanchnicus verlaufen Hemmungen, welche auf Blutdruckschwankungen in den Darmgefäßen zurückzuführen sind. Kompression der Aorta führt auch beim peritonitischen Darm nach Vagotomie noch zu einem langandauernden Bewegungsstillstand. Thoraxkompression und Erstickung erweisen sich als bedeutungslos.

Der meteoristische Darm bewegt sich unter den gleichen Versuchsbedingungen nach ganz anderen Gesetzen. Wie bei sämtlichen Versuchsreihen, so tritt auch hier die lokale Schädigung der Darmwand, des Plexus und der Muskulatur durch die Stauung in den Vordergrund. Die Pendelbewegungen bleiben aus, an ihrer Stelle finden wir peristaltische Kontraktionen, deren Energie mit zunehmender Entwickelung des Ileus geschwächt wird.

Beim Abschluß der vorliegenden Untersuchungen über die Bewegungen des normalen, des peritonitischen und meteoristischen Dünndarms bin ich mir eines empfindlichen Mangels wohl bewußt. Ueber den Zustand des Darminhaltes, über Störungen der Sekretion oder Transsudation und der Resorption sind unsere Kenntnisse noch sehr dürftig, und doch ist gerade die Stauung der Faeces, die starke Flüssigkeits- und Gasansammlung, das am stärksten hervortretende Symptom des einfachen und des peritonitischen Ileus. Die Anhäufung dieser Massen bedingt im Beginn der Erkrankung eine vermehrte speziell peristaltische Tätigkeit, die in der Darmsteifung ihren Höhepunkt erreicht; sie führt aber auch zur raschen Erlahmung der motorischen Kraft, wenn das Hindernis nicht überwunden werden kann. Resorptionsversuche am überlebenden Darm hat Cohnheim ausgeführt.

Er brachte abgelöste Darmstücke, die er mit differenten Flüssigkeiten anfüllte, in NaCl-Lösung und fand eine starke Verminderung des Inhaltes, Wasseraustritt; den Durchtritt von Farbstoffen, Zucker konnte er nicht nachweisen. Die Resorption ist eine beträchtliche, beim Katzendarm bis zu 30 g, sie läßt aber früher nach als die spontanen Bewegungen, „und ist weder abhängig von der anatomischen Anordnung der Gefäße in der Darmwand, noch von den mechanischen Kräften der Muskulatur, noch von osmotischen Druckdifferenzen, sondern einzig und allein an die Integrität der Darmwand gebunden. Deren Zellauskleidung besitzt die Fähigkeit, einen Flüssigkeitsstrom hervorzurufen, der, immer nur in einer und derselben Richtung verlaufend, Wasser und die in ihm gelösten Bestandteile aus dem Lumen heraustransportiert.“ Die Resorption des meteoristischen, peritonitischen Darmes im überlebenden Zustand ist wohl nicht genauer studiert, dagegen kennen wir zahlreiche Experimente, die sich mit der Aufsaugung gestauten Inhaltes befassen, ausgeführt im Bestreben, die Intoxikationstheorie beim Ileus zu erforschen. Eine eingehende Würdigung dieser Versuche finden wir bei Braun und Boruttau. Uns kommt es zunächst weniger darauf an, ob diese resorbierten Mengen zu einer Vergiftung führen, als vielmehr zu wissen, ob die Resorption beim Ileus und bei der Peritonitis verringert ist. Clairmont und Ranzi prüften die Durchlässigkeit der Ileusschlinge nach Injektion von Jodkali, indem sie den Jodgehalt des Harns für die Intensität der Resorption ansprachen. Braun und Boruttau injizierten Strychnin in tödlicher Dosis. Die beiden ersteren fanden eine Steigerung in den 10 Stunden, die dem Darmverschluß folgten, später eine starke Abnahme. Das verspätete Auftreten der Strychninvergiftung wies jedoch darauf hin, „daß beim abgesperrten Darm die Resorptionsintensität und -geschwindigkeit der Regel nach von Anfang an in immer zunehmendem Maße herabgesetzt ist“ [1]). Die Vermehrung des Darminhaltes beim Ileus ist auf diese Ursache zurückzuführen; ob daneben noch eine vermehrte Sekretion in den Darm stattfindet, ist nicht sichergestellt. Die beim Menschen und namentlich beim Kaninchen im Zustand des Ileus beobachteten Quantitäten von Flüssigkeit, die ödematöse Durchtränkung der Darmwand, die Hyperämie legen diese Annahme nahe. Die Verminderung der gefüllten Becherzellen im zuführenden Darmstück, ihre Anhäufung im abführenden Schenkel nach Reichel sind kein stringender Beweis hierfür. Ebensowenig geklärt wie beim einfachen Ileus ist die Ursache der Stauung bei der Peritonitis, in deren Beginn ein mechanisches Hindernis für die Fortschaffung der Fäkalien doch nicht besteht.

1) Garbarini (zit. bei Wilms) zeigte, daß Jod und Strychnin rascher resorbiert werden, wenn der Darm mit Luft aufgeblasen wird. Beim experimentellen Ileus durch Strangulation sind jedoch andere Bedingungen gegeben.

Es liegt mir fern, die Erfahrungen am Tier in allen ihren Konsequenzen auf den Menschen übertragen zu wollen. Doch geht aus den Versuchen hervor, daß der entzündliche Zustand der Darmwandung allein noch keine Darmlähmung bedingt, wir finden ausgedehnte Veränderungen bei der tuberkulösen Peritonitis, sehen bei Hernien, die erst kurze Zeit inkarzeriert sind, schwere Schädigungen der Darmwand, welche die motorische Tätigkeit nicht ausschließen. Unsere Kurven zeigen, daß der leere peritonitische Darm gute Schwingungen ausführt, auf lokale Reize prompt reagiert, obschon die Serosa von dicken fibrinös eitrigen Belägen bedeckt ist; einen ganz analogen Befund erheben wir gelegentlich auch beim Menschen, wenn in der Rekonvaleszenz nach einer Perforationsperitonitis wegen Adhäsionsileus oder ähnlichen Störungen zum zweiten Male eine Laparotomie ausgeführt wird. Die ausgebreiteten Verklebungen zeugen von der Ausdehnung der Infektion, und doch hat der Darm im Intervall den Speisebrei bewältigen können. Es ist zu erinnern an die Versuche von Kreidl und Müller, welche die Muscularis bis auf 1 m Länge vom Darm ablösten und die Tiere am Leben erhielten. Die Peritonitis allein ist somit nicht die Ursache der Darmlähmung, die Stauung des Inhalts führt diesen Zustand herbei. Es besteht ein scharf markierter Unterschied zwischen den Bewegungen des leeren oder wenig gefüllten Organes und der meteoristischen Schlinge. Im normalen Zustand herrschen beim Tier die Pendelbewegungen vor, sie sind verbunden mit Tonusschwankungen und stärkerem Ausschlag, wenn der Inhalt vorübergehend vermehrt ist, bei der Stauung gehen die Tonusschwankungen in peristaltische Kontraktionen über und im Beginn des Ileus leistet der Darm die größte Arbeit, um die Massen fortzuschaffen, die Schwingungen werden unterdrückt. Später tritt Lähmung auf im Zustand des gespannten gedehnten Darmrohres, schwache Andeutungen der Peristaltik erhalten sich bis zuletzt und werden gekräftigt, wenn die Möglichkeit der Entleerung eine verminderte Spannung herbeiführt. Diese Erscheinung ist unabhängig von der Funktion des Vagus und Splanchnicus und als eine Reaktion des lokalen Muskel-Nervenapparates nachgewiesen; wir finden sie gesetzmäßig ebensowohl am überlebenden Darm wie an der eventrierten Schlinge, beim entzündlichen und einfachen Ileus, von größter Wichtigkeit ist jedoch die Blutzirkulation; nach der Strangulation oder nach Durchtrennung des Mesenteriums wird die Schädigung der Motilität sehr beschleunigt, andererseits gelingt es, durch eine intravenöse NaCl-Infusion durch Hebung des Blutdrucks, einen vorher energielosen Darm wieder zur Peristaltik anzuregen. In der Entleerung des Darmes und in der Steigerung der Blutzirkulation finden wir auch in unseren Versuchen eine experimentelle Bestätigung der kardinalen Forderungen, welche Heidenhain für die Behandlung der Peritonitis aufstellt. Die eigentliche Ursache des akuten Ileus und des peritoni-

tischen Meteorismus, und eine prophylaktische Bekämpfung der Darmlähmung, welche sich auf exakte Kenntnisse über die Pathologie der Darmsekretion und Resorption stützen könnte, harrt noch der Aufklärung.

Der nicht meteoristische Darm bewegt sich nach spontanen rhythmischen Impulsen, die vom Auerbachschen Plexus ausgehen und eine Beeinflussung durch den Reiz des Inhaltes, experimentell auch von der Serosa aus erkennen lassen. Die Darmtätigkeit ist in hohem Maße abhängig von der Durchblutung. Ein Abschluß des arteriellen Zustromes durch Kompression der Aorta bedingt eine Hemmung. Die Vermehrung des Druckes durch Thoraxkompression, Erstickung, zeigt einen Anstieg des Tonus und der Einzelschwingungen. Dieser Effekt tritt außerdem ein als Reflexerscheinung nach Reizung peripherer sensibler Nerven, die Hemmung sehr deutlich beim Einatmen stark riechender Substanzen und bei der Verletzung des Peritoneum parietale, ebenso nach den Autoren bei Reizung des peripheren Splanchnicus. Eine Zunahme des Tonus fand ich mehrmals beim Streichen des Felles. Diese reflektorischen Hemmungen verlaufen in der Bahn der Splanchnici und werden ausgeschaltet, sobald man diese Nerven durchtrennt. Die autonome Darmbewegung wird dadurch nicht gestört; ihre Abhängigkeit vom Blutdruck bleibt jedoch bestehen. Die Durchschneidung der Vagi unter dem Diaphragma bleibt ohne Einfluß auf die motorische Darmtätigkeit, die Splanchnicushemmung tritt danach eher deutlicher zutage. Bei einer kombinierten Resektion beider Vagi und Splanchnici erzielte ich keine andere Wirkung als nach doppelseitiger Splanchnicotomie.

Die Peritonitis des leeren Darmes, ein Zustand, der sich beim Kaninchen experimentell leicht erzeugen läßt, zeigt als charakteristische Eigenschaft keine Störung der Motilität, im Beginn vielmehr eine Zunahme der Darmtätigkeit. Wir treffen auch beim Menschen im Initialstadium oft häufige Blähungen und vermehrten Stuhlabgang, namentlich da, wo das Krankheitsbild von Anfang an verfolgt werden kann. Später tritt allerdings rasch die Komplikation des Meteorismus dazu, Hand in Hand gehend mit der sekundären Lähmung. Am leeren Darm bleibt die spontane Tätigkeit und die lokale Reaktionsfähigkeit erhalten, dagegen sehen wir, daß der Einfluß der äußeren Reflexe erlischt, um so mehr, je weiter der Krankheitsprozeß vorgeschritten ist. Die Kurve zeigt schließlich dieselben gleichmäßigen Bewegungen, die wir nach der Splanchnicotomie, auch Monate nach Ausführung der Operation, feststellen konnten. Eine Verletzung des Peritoneums, der Reiz peripherer sensibler Nerven erzeugt keinen Stillstand der autonomen Darmbewegung. Diese Uebereinstimmung beider Kurven leitet zu dem Schlusse, daß infolge der Peritonitis der Einfluß des Splanchnicus ausgeschaltet wird. Der Zustand der Gefäßfüllung ist unter den beiden experimentellen Bedingungen ein sehr verschiedener. Nach aseptisch gelungener Splanchnicotomie findet man einige Tage oder Wochen später die Zirkulation un-

verändert, bei der Peritonitis die intensive Hyperämie mit Erweiterung der Gefäße und Blutaustritten, die ausgebildete Gefäßlähmung.

In Anlehnung an die Arbeit von Romberg und Pässler, welche nachgewiesen haben, daß bei Infektionskrankheiten die toxische Schädigung im Vasomotorenzentrum angreift und zu einer Lähmung der Constrictoren führt, ein Gesetz, welches auch für die Peritonitis gilt (Heidenhain), glaube ich mich dazu berechtigt, die Hemmungen der Darmbewegung als eine Funktion der Vasomotoren anzusprechen. Daß eine Unterbrechung der autonomen Darmbewegung auf eine Störung der Zirkulation, des Blutdruckes, zurückzuführen ist, sofern nicht, wie bei der Darmlähmung im Gefolge des Ileus, eine Schädigung des lokalen Nerven-Muskelapparates vorliegt. Die Bahn dieser Reflexe verläuft im Splanchnicus, sie wird experimentell unterbrochen bei der Splanchnicusresektion, toxisch ausgeschaltet bei der Peritonitis. Eine direkte Unterbrechung der Blutzirkulation läßt in diesem Zustand ihren deutlichen Hemmungseffekt noch erkennen, ebenso wie eine Drucksteigerung vermehrten Tonus und stärkere Ausschläge hervorruft.

Ich glaube, diese Auffassung ist auch geeignet, unsichere Vorstellungen über die Natur des Enterospasmus oder der Darmatonie aufzuklären, die wir teils als genuinen Krankheitszustand, teils als Begleiterscheinung in der Pathologie anderer Organe anzutreffen gewohnt sind. Die stürmischen Erscheinungen, welche bei Netzinkarzeration, bei Stieltorsion von Ovarialtumoren, im Anfall der Cholelithiasis und Nephrolithiasis einsetzen, sind als komplexe Reflexwirkung anerkannt. Es scheint mir nicht ausgeschlossen, daß der in solchen Fällen häufige Stillstand der Darmbewegung auf eine reflektorische Alteration des Vasomotorenzentrums zurückzuführen ist. Wir sahen, daß die Hemmungen, welche nach Verletzung der Bauchwand auftreten, in der Splanchnicusbahn verlaufen und bei der im Gefolge der Peritonitis entwickelten Gefäßlähmung unwirksam werden, so könnte auch das klinische Bild des primären Meteorismus nach Bauchkontusion, auf welches Heineke hingewiesen hat, mit der Vorstellung einer Schädigung der Vasomotorenfunktion in Einklang gebracht werden.

Herrn Prof. Dr. von Frey, welcher mir die Hilfsmittel des physiologischen Institutes gütigst zur Verfügung stellte, spreche ich meinen verbindlichsten Dank aus für das der Arbeit entgegengebrachte Interesse.

Würzburg, den 4. März 1909.

Literatur.

1) Bayliss and Starling, Journ. of Physiol., Vol. 24, 1899, p. 99.
2) Borszeky, Beiträge zur Lokaldiagnose der inneren Darmokklusion und zur Frage der Autointoxikation. Beitr. z. klin. Chir., Bd. 36, 1902, p. 448.

3) Braam Houckgeest und Bokai, Arch. f. exp. Pharm. und Path., Bd. 23, p. 209.
4) Braun und Boruttau, Experimental-kritische Untersuchung über den Ileustod. Dtsch. Zeitschr. f. Chir., Bd. 96, 1908, p. 598.
5) Brunner, Klinisches und Experimentelles über Verschiedenheit der Pathogenität des Darminhaltes bei Peritonitis. Arch. f. klin. Chir., Bd. 73, p. 1039.
6) Buchbinder, Experimentelle Untersuchungen am lebenden Tier- und Menschendarm. Dtsch. Zeitschr. f. Chir., Bd. 55, 1900, p. 458.
7) Budge, Anatomische und physiologische Untersuchungen über die Funktion des Plexus coeliacus. Verhdlg. d. Akad. d. Naturforscher, Bd. 27, 1859.
8) Buerger und Churchmann, Der Plexus coeliacus und mesentericus und ihre Rolle bei Abdominalshock. Mitt. a. d. Grenzgeb., Bd. 16, 1906, p. 508.
9) Bunch, On the vasomotor nerves of the small Intestine. Journ. of Physiol., Vol. 24, 1899, p. 72.
10) Cannon, The movements of the intestines by means of the Röntgen rays. Americ. Journ. of Physiol., Vol. 6, 1902, p. 251; Vol. 12, 1905. — The motor activities of the stomach and small intestine after splanchnic and Vagus Section. Vol. 17, 1908, p. 429.
11) Clairmont und Ranzi, Zur Frage der Autointoxikation beim Ileus. Arch. f. klin. Chir., Bd. 73, 1904, p. 696.
12) Cohnheim, Versuche am überlebendén Dünndarm. Zeitsch. f. Biol., N. F. Bd. 20, 1899, p. 419.
13) Courtade et Guyon, Influence motrice du grand sympathique sur l'intestin grêle. Arch. de physiol., 1897, p. 422.
14) Edmunds, Journal of Physiol., Vol. 22, 1898.
15) Friedenthal, Beiträge zur physiologischen Chirurgie. Engelmanns Arch. f. Phys., 1905, p. 127.
16) Friedländer, Vagus und Peritonitis. Arch. f. klin. Chir., Bd. 72, 1904.
17) Gottstein, Die gleichzeitige doppelseitige Vagotomie und ihr Einfluß auf die Cardia. Breslau 1902.
18) Heidenhain, Ueber Darmlähmung nach Darmeinklemmung. Dtsch. Ztsch. f. Chir., Bd. 43, 1896, p. 201.
19) — Behandlung der peritonitischen Blutdrucksenkung mit intravenösen Suprarenin-Kochsalzinfusionen. Mitt. a. d. Grenzgeb., Bd. 18, 1908.
20) Heinecke, Experimentelle Untersuchung über die Todesursache bei Perforationsperitonitis. Dtsch. Arch. f. klin. Med., Bd. 69, 1901, p. 429.
21) — Ueber Meteorismus nach Bauchkontusionen. Arch. f. klin. Chir., Bd. 83, 1907, p. 1104.
22) Jakoby, Pharmakologische Untersuchung über das Colchicumgift. Arch. f. exp. Path. u. Ther., Bd. 27, 1890, p. 143.
23) — Beiträge zur physiologischen und pharmakologischen Kenntnis der Darmbewegung. Ebenda, Bd. 29, 1892, p. 171.
24) Kader, Ein experimenteller Beitrag zur Frage des lokalen Meteorismus bei Darmokklusion. Dtsch. Ztsch. f. Chir., Bd. 33, 1892, p. 57.
25) Kirstein, Experimentelles zur Pathologie des Ileus. Dtsch. med. Wochenschr., Bd. 15, 1889, p. 1000.
26) — Beiträge zur physiologischen und pharmakologischen Kenntnis der Darmbewegung. Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. 29, 1892, p. 171.
27) Kocher, Ueber Ileus. Mitt. a. d. Grenzgeb., Bd. 4, 1899.
28) Kreidl, Muskelausschaltung am Magendarmtraktus. Pflügers Arch. f. Phys., Bd. 116, 1907, p. 1159.

29) Kress, Wirkungsweise einiger Gifte auf isolierten Dünndarm. Pflügers Arch. f. Phys., Bd. 109, 1905, p. 608.
30) Langley and Magnus, Some observations of the intestine before and after degenerative section of the mesenteric nerves. Journ. of Physiol., Vol. 33, p. 35.
31) v. Leube, Spezielle Diagnostik der inneren Krankheiten I, 1904.
32) Magnus, Versuche am überlebenden Dünndarm von Säugetieren. Pflügers Arch. f. Phys., Bd. 102, 1904, p. 123 u. Bd. 103, p. 515; p. 525; Bd. 108, 1905, p. 1; Bd. 111, 1906, p. 152.
33) — Ergebnisse der Physiologie VII, 1908.
34) Mall, John Hopkins Hospital Reports, 1896, p. 51.
35) Müller, Muskelausschaltung am Magendarmtraktus. Pflügers Arch. f. Phys., Bd. 116, 1907, p. 171.
36) Meltzer and Auer, Studies from the Rockefeller Institute, Vol. 7, 1907, p. 3 u. 165.
37) Kast und Meltzer, Die Sensibilität der Bauchorgane. Mitt. a. d. Grenzgeb., Bd. 19, 1909, p. 586.
38) Nagel, Handbuch der Physiologie des Menschen, 1906.
39) Naunyn, Ueber Ileus. Mitt. a. d. Grenzgeb., Bd. 1, 1896, p. 98.
40) Nothnagel, Die Erkrankungen des Darms und des Peritoneums. Wien 1898.
41) Pflüger, Arch. f. path. Anat., Bd. 10, 1856, p. 20.
42) Popielski, Zur Physiologie des Plexus coeliacus. Engelmanns Arch. f. Phys., 1903, p. 338.
43) Ranzi, Kasuistische Mitteilungen über inneren Darmverschluß. Arch. f. klin. Chir., Bd. 73, 1904, p. 783.
44) Reich, Die Verletzungen des Nervus vagus und ihre Folgen. Beiträge z. klin. Chir., Bd. 56, 1908, p. 648.
45) Reichel, Pathologie des Ileus und Pseudoileus. Dtsch. Ztsch. f. Chir., Bd. 35, 1893, p. 493.
46) Romberg und Pässler, Experimentelle Untersuchung über die allgemeine Pathologie der Kreislaufsstörungen bei akuten Infektionskrankheiten. Dtsch. Arch. f. klin. Med., Bd. 64, 1899, p. 652.
47) Schlange, Zur Ileusfrage. Arch. f. klin. Chir., 1889, p. 429.
48) Schloffer, Ueber traumatische Darmverengerung. Mitt. a. d. Grenzgeb., Bd. 7, 1901, p. 1.
49) Schüpbach, Der Einfluß der Galle auf die Bewegung des Dünndarms.
50) Stadler und Hirsch, Meteorismus und Kreislauf. Mitt. a. d. Grenzgeb., Bd. 15, 1906, p. 448.
51) Strehl, Ueber die Nerven der Bauchhöhle. Arch. f. klin. Chir., Bd. 75, 1905, p. 711.
52) Unger, Zur Kenntnis der Wirkungsweise des Atropins und Physostigmins auf den Dünndarm der Katzen. Pflügers Arch. f. Phys., Bd. 119, 1907, p. 373.
53) Vogt, Ueber die Folgen der Durchschneidung des N. splanchnicus. Engelmanns Arch. f. Phys., 1898, p. 399.
54) Wilms, Der Ileus. Dtsch. Chirurgie, Lief., 46, 1906.
55) Yanase, Beiträge zur Physiologie der peristaltischen Bewegung des embryonalen Dünndarms. Pflügers Arch. f. Phys., Bd. 119, 1907, p. 451.
56) Zeidler, Pathologie und Therapie des Darmverschlusses. Mitt. a. d. Grenzgeb., Bd. 35, 1900, p. 569.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena — 3559

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena